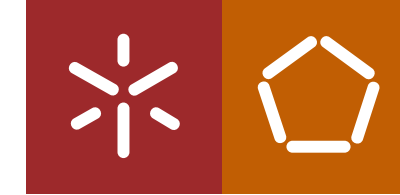


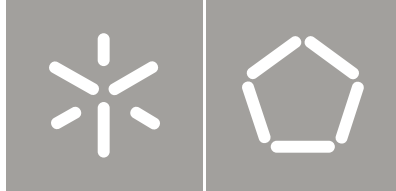


Joana Maria Peixoto Bogas

FACHADAS DE VIDRO
Explorar os limites da utilização do vidro na
construção

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Joana Maria Peixoto Bogas

FACHADAS DE VIDRO
Explorar os limites da utilização do vidro na
construção

Dissertação de Mestrado
Construção e Reabilitação Sustentáveis

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Paulo Cruz

AGRADECIMENTOS

O trabalho que aqui apresento foi realizado no último ano, e apesar da dificuldade em conciliar com a actividade profissional, em termos pessoais é muito gratificante, representa uma grande vitória para mim, faz parte da constante procura em superar as minhas capacidades. Contudo, mesmo tratando-se de um projecto pessoal, só foi possível com a orientação, o apoio e compreensão de várias pessoas. Pelo que, gostaria de deixar um particular agradecimento às seguintes:

Ao Professor Doutor Paulo Cruz, orientador desta dissertação, o meu mais sincero obrigado pela sua orientação, palavras de motivação, pelo conhecimento transmitido e disponibilidade, fundamentais à execução deste trabalho.

Prolongo os meus agradecimentos ao Departamento de Engenharia Civil, desta universidade, em particular aos docentes do Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis, que me acompanharam como aluna, me transmitiram os seus conhecimentos e, contribuíram em cada aula com um ambiente extremamente agradável e gratificante.

Aos meus colegas de turma, pelo companheirismo criado nos trabalhos de grupo, pelo bom ambiente e boa disposição do grupo, que contribuíram para a minha satisfação na opção tomada. Em especial à Fátima, o meu obrigado pela amizade e apoio, e pelas agradáveis tardes que trabalhamos juntas.

À empresa VICER – Vidraria Central de Ermesinde, Lda. que, nas pessoas dos seus responsáveis, disponibilizou as suas instalações e ferramentas, e através da qual foi possível utilizar o programa VITRAGES DÉCISION. A todos o meu obrigado pela simpatia com que me acolheram, em particular à Eng. Conceição Casal, pela informação cedida relativamente ao programa, pelos incentivos, atenção e disponibilidade.

Em especial aos meus Pais, que tornaram possível e me apoiaram neste projecto, o meu muito obrigado, tudo o que atingi e sou o devo a eles.

E por último, mas não menos importante, um especial agradecimento ao Manuel, um amigo e companheiro, que esteve sempre presente acompanhando-me neste projecto, nas minhas dificuldades, dando-me o seu apoio, tornando as coisas mais fáceis. A TODOS o mais sincero OBRIGADO!

“Porque eu sou do tamanho do que vejo. E não, do tamanho da minha altura...”¹

¹ Alberto Caeiro, in "O Guardador de Rebanhos - Poema VII" - Heterónimo de Fernando Pessoa

RESUMO

FACHADAS DE VIDRO

Explorar os limites da utilização do vidro na construção

O vidro é um material de construção com características muito particulares que, desde o início do século passado, tem visto a sua utilização aumentar em grande escala. O crescente desenvolvimento deste material e respectivo conhecimento das suas propriedades, levaram ao actual protagonismo do vidro relativamente a outros materiais. Actualmente deve ser dada especial atenção ao uso do vidro na construção de fachadas, de forma a assegurar-se a segurança e a redução do uso de energia na utilização dos edifícios.

A presente Dissertação procura explorar os limites da utilização do vidro na construção, em particular no que respeita à sua utilização em fachadas, isto, através da análise do vidro isoladamente, primeiro definindo-o como “material”, seguindo-se uma descrição da sua “aplicação”, considerando diferentes sistemas de fixação. Concluindo, para complementar o entendimento das suas particularidades, o seu “comportamento”, analisando características como o factor solar e o coeficiente de transmissão térmica. Inicialmente, é feita uma análise bibliográfica da temática em questão para introduzir os leitores nas actuais possibilidades da construção em vidro.

Pretende-se que este estudo ajude o projectista na selecção e especificação de vidros, a fazer uma escolha informada e actualizada de modo a maximizar a eficácia da luz do dia e o conforto dos ocupantes, e a minimizar o uso de energia na utilização dos edifícios, enquanto se cumpre os objectivos da arquitectura.

Palavras-Chave: vidro, fachadas de vidro, material, aplicação, comportamento.

ABSTRACT

GLASS FACADES

Explore the limits of using glass in construction

Glass is a building material mainly used in facades, with very specific characteristics that has seen its use increasing since the beginning of last century. The growing development of this material and the knowledge of their properties led to the current role of glass relative to other materials. However, more than any other, greater attention should be given to the use of glass in building facades in order to avoid breakage provoked by local tensions and to allow importance in reducing energy use in use of buildings.

This thesis seeks to explore the limits of glass in construction, in particular regarding its use in facades, analysing the glass alone: first defining it as a “material”; then a description of its “application”, considering different types of connections; concluding, to complement the understanding of its peculiarities, its “behaviour” relatively to the cross section, analysing features such as solar factor and the coefficient of thermal transmission. However, to introduce the reader in the topic an initially literature review is needed for a better understanding of today’s glass construction options.

It is intended that this study will help the designer in the selection and specification of glass, to make an informed and updated choice to maximize the effectiveness of daylight and occupant comfort, and minimize the use of building energy, while meeting the objectives of the architecture.

Keywords: glass, glass facades, material, application, behaviour.

AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE TABELAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
1 INTRODUÇÃO.....	XVII
1.1 OBJECTIVOS.....	XVII
1.2 METODOLOGIA.....	XIX
2 ESTADO DO CONHECIMENTO.....	1
2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA	1
2.2 ACTUALIDADE	7
2.3 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	15
2.3.1 PROTÓTIPO “VITROHOUSE”	16
3 MATERIAL – O VIDRO	19
3.1 PROPRIEDADES DO VIDRO.....	19
3.2 O VIDRO NA CONSTRUÇÃO	20
3.3 VIDRO PROCESSADO POSTERIORMENTE	21
3.3.1 BORDAS DO VIDRO	22
3.3.2 PRODUTOS DO VIDRO.....	23
3.3.2.1 VIDRO RECOZIDO	23
3.3.2.2 VIDRO TEMPERADO TERMICAMENTE.....	24
3.3.2.3 VIDRO TEMPERADO QUIMICAMENTE	26

3.3.2.4	VIDRO TERMO-ENDURECIDO.....	26
3.3.2.5	VIDRO LAMINADO	27
3.3.3	TRATAMENTO / REVESTIMENTO DA SUPERFÍCIE.....	28
3.3.3.1	ESMALTAGEM	29
3.3.3.2	PROCESSOS DE OBSCURECIMENTO.....	30
3.3.3.3	SERIGRAFIA	30
3.3.3.4	REVESTIMENTOS DE EFEITO ÓPTICO.....	30
3.4	VIDROS PARA REQUERIMENTOS ESPECIAIS.....	30
3.4.1	VIDRO ISOLANTE.....	30
3.4.1.1	VIDRO DE ISOLAMENTO TÉRMICO	31
	ENCHIMENTO DE GÁS	31
	VÁCUO NA CAVIDADE	32
	REVESTIMENTOS	32
3.4.1.2	VIDRO DE CONTROLO SOLAR.....	33
	REVESTIMENTO SELECTIVO DO ÂNGULO	33
	VIDROS ADAPTÁVEIS.....	33
	ENCAIXES NA CAVIDADE.....	33
	REDIRECCIONAMENTO DA LUZ, PROTECÇÃO SOLAR, DISPOSIÇÃO ANTI-REFLEXO	34
3.4.1.3	VIDRO DE ISOLAMENTO ACÚSTICO.....	34
3.5	LEGISLAÇÃO.....	34
4	APLICAÇÃO – FACHADAS DE VIDRO	37
4.1	TIPOS DE FACHADAS.....	38
4.2	SISTEMAS CONSTRUTIVOS / FORMAS DE CONSTRUÇÃO	41
4.2.1	ALVENARIA DE VIDRO	41
4.2.2	VIDRO EXTERIOR COLADO	42

4.2.3 VIDRO EXTERIOR AGRAFADO.....	42
5 COMPORTAMENTO – CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA.....	45
5.1 ESPECIFICAÇÃO DE VIDROS	46
5.2 CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA	48
5.2.1 VIDRO SIMPLES (VS)/ VIDRO SIMPLES LAMINADO (VSL).....	49
5.2.2 VIDRO DUPLO (VD).....	54
5.2.3 VIDRO TRIPLO (VT)	62
5.3 ANÁLISE COMPARATIVA.....	64
6 CONCLUSÕES.....	71
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
7.1 REFERÊNCIAS TEXTO	73
7.2 LIVROS / TESES / ARTIGOS	75
7.3 REVISTAS	76
ANEXOS.....	73
A. FERRAMENTA - VITRAGES DÉCISION.....	77
B. RESULTADOS OBTIDOS	88
B.1 RESULTADOS - VIDRO SIMPLES / VIDRO SIMPLES LAMINADO.....	88
B.2 RESULTADOS – VIDRO DUPLO / VIDRO DUPLO LAMINADO.....	90
B.3 RESULTADOS – VIDRO TRIPLO	101
C. BIBLIOGRAFIA NORMATIVA.....	105
D. SUPORTE TÉCNICO / GLOSSÁRIO.....	109

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO VIDRO (ADAPTADO DE [44]) E PROPRIEDADES MECÂNICAS (ADAPTADO DE [45]).....	20
TABELA 2: TIPOS SELECIONADOS DE VIDRO E SEUS USOS (ADAPTADO DE [47]).....	23
TABELA 3: TIPOS DE VIDRO UTILIZADOS COMO SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DO VIDRO REVESTIDO [51].	29
TABELA 4: DADOS TÉCNICOS DE VÁRIAS UNIDADES DE VIDROS ISOLANTES.	32
TABELA 5: COMPARAÇÃO ENTRE FACHADA SIMPLES – FACHADA DUPLA (ADAPTADO DE [53]).....	40
TABELA 6 A/B: DADOS USADOS PARA OS CÁLCULOS.	49
TABELA 7: COMPARAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS PARA UM VIDRO SIMPLES E DOIS VIDROS SIMPLES LAMINADOS (ANEXO B.1).....	53
TABELA 8: COMPARAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS PARA DOIS VIDROS SIMPLES LAMINADOS (ANEXO B.1).....	54
TABELA 9: COMPARAÇÃO ENTRE VIDROS DUPLOS SIMÉTRICOS E NÃO SIMÉTRICOS.	57
TABELA 10: VALOR DE U CONSIDERANDO A INVERSÃO DOS PAINÉIS.	57
TABELA 11: VIDROS DUPLOS COM REVESTIMENTO NA FACE 2 OU 3.	60
TABELA 12: VIDROS TRIPLOS COM REVESTIMENTO FACES 3 E 5 OU 2 E 4.	64
TABELA 13: EXEMPLOS DE UM VIDRO SIMPLES VERSUS UM VIDRO DUPLO.	66
TABELA 14: CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO VIDRO DUPLO E TRIPLO COMUM.	67
TABELA 15: CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO VIDRO DUPLO E TRIPLO COM CAPA DE BAIXA EMISSIVIDADE.	67
TABELA 16: CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO VIDRO DUPLO E TRIPLO COM CAPA DE DUPLA PROPRIEDADE.	68
TABELA 17: RESULTADOS PARA O VIDRO SIMPLES - FORNECEDOR SAINT-GOBAIN.	88
TABELA 18: RESULTADOS PARA O VIDRO SIMPLES – FORNECEDOR PILKINGTON.	89
TABELA 19: RESULTADOS PARA O VIDRO SIMPLES LAMINADO - FORNECEDOR SAINT-GOBAIN.....	90
TABELA 20: RESULTADOS PARA O VIDRO DUPLO - FORNECEDOR SAINT-GOBAIN.	91
TABELA 21: RESULTADOS PARA O VIDRO DUPLO LAMINADO - FORNECEDOR SAINT-GOBAIN.	99
TABELA 22: RESULTADOS PARA O VIDRO TRIPLO - FORNECEDOR SAINT-GOBAIN.	101
TABELA 23: LEGENDA DO CRITÉRIO DE SELECÇÃO POR TEMAS ATRAVÉS DE CORES E DAS INICIAIS DA TABELA 24.....	105
TABELA 24: NORMAS HARMONIZADAS EM VIGOR, POR ORDEM CRESCENTE COM BASE NO NÚMERO DE REFERENCIA.....	105
TABELA 25: CARACTERÍSTICAS PARA UMA SELECÇÃO DO VIDRO.....	109
TABELA 26: GLOSSÁRIO.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1 A/B: IMAGENS DO EXTERIOR DA PALM HOUSE, NO ROYAL BOTANICAL GARDEN EM KEW, EM LONDRES [4].....	2
FIG. 2: PAVILHÃO DE VIDRO, BRUNO TAUT [6].....	3
FIG. 3: FÁBRICA FAGUS [7].....	3
FIG. 4: BAUHAUS DE DESSAU, GROPIUS [8].....	3
FIG. 5: FRIEDRICHSTRASSE, MIES VAN DER ROHE [10].....	3
FIG. 6: ARRANHA-CÉUS EM VIDRO [10].....	3
FIG. 7: INTERIOR DO SALÃO PRINCIPAL DA CASA TUGENDHAT, LUDWIG MIES VAN DER ROHE [7].....	3
FIG. 8: MAISON DE VERRE (1931), CHAREAU [11].....	4
FIG. 9: FÁBRICA BOOTS (1930-32) EM BEESTON, GRÃ-BRETANHA, SIR EVAN OWEN WILLIAMS [7].....	4
FIG. 10: LEVER HOUSE, NEW YORK CITY, SOM [12].....	5
FIG. 11: SEAGRAM BUILDING, MIES VAN DER ROHE [10].....	5
FIG. 12: CASA FARNSWORTH (1946 - 1951), MIES VAN DER ROHE [13].....	5
FIG. 13 A/B: IMAGEM ESTRUTURA E PLANTA DO PROJECTO DA CASA 50 x 50 (1950 - 1951), MIES VAN DER ROHE [14].....	5
FIG. 14: FOTOGRAFIA DA COBERTURA DO EDIFÍCIO WILLIS FABER & DUMAS, NORMAN FOSTER AND PARTNERS [15].....	6
FIG. 15: FOTOGRAFIA DA FACHADA DO EDIFÍCIO WILLIS FABER & DUMAS [15].....	6
FIG. 16: ELEMENTO METÁLICO DE UNIÃO DOS PAINÉIS [16].....	6
FIG. 17: IMAGEM DO EXTERIOR DA CIDADE DAS CIÊNCIAS E DA INDÚSTRIA, DE ADRIEN FAINSILBER [17].....	7
FIG. 18: PORMENOR DA ESTRUTURA. [18].....	7
FIG. 19 A/B/C: IMAGENS DA FACHADA DO EDIFÍCIO WESTIN NEW YORK, EM TIMES SQUARE, NOVA IORQUE (EUA) [19].....	8
FIG. 20: EDIFÍCIO 30 ST MARY AXE EM LONDRES, REINO UNIDO [22].....	9
FIG. 21: IMAGEM DA FACHADA E ENTRADA DO EDIFÍCIO [22].....	9
FIG. 22: IMAGEM DE PORMENOR DA FACHADA COM ABERTURA DE VÃOS [23].....	9
FIG. 23 A/B/C: EDIFÍCIO DA SEDE DOS CORREIOS ALEMÃES [25] / VISTA DA FACHADA A PARTIR DO INTERIOR DA TORRE / VISTA EXTERIOR DA FACHADA DA TORRE DA SEDE DOS CORREIOS ALEMÃ [26].....	10
FIG. 24 A/B: IMAGEM EXTERIOR DO PAVILHÃO EM VIDRO DO MUSEU DE ARTE DE TOLEDO [28] / PLANTA TÉRREA DO EDIFÍCIO [29].....	10
FIG. 25 A/B: IMAGENS DO EXTERIOR DO CUBO DE VIDRO LEONARD EM BAD DRIBURGO [31].....	11
FIG. 26 A/B/C: IMAGEM EXTERIOR DO MUSEU MARÍTIMO DE OSAKA, NO JAPÃO / IMAGEM EXTERIOR DA ESFERA EM VIDRO / IMAGEM INTERIOR DA FACHADA-COBERTURA EM VIDRO [32].....	12
FIG. 27 A/B: IMAGEM DO EXTERIOR DA ESTAÇÃO DE METRO ST. LAZARE, EM LENTILLE [34] E ESQUEMAS DA GEOMETRIA [33].....	13
FIG. 28 A/B: IMAGEM EXTERIOR DA FACHADA DA ESTAÇÃO DO TGV EM ESTRASBURGO / IMAGEM INTERIOR DA ENVOLVENTE DE VIDRO [35].....	13

FIG. 29: IMAGEM EXTERIOR DO EDIFÍCIO HARPA [36].	14
FIG. 30: IMAGEM DA FACHADA VISTA PELO INTERIOR [36].	14
FIG. 31: IMAGEM COM PORMENOR DA FACHADA [36].	14
FIG. 32.: EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS TRUTEC [37].	15
FIG. 33: PORMENOR DA FACHADA [37].	15
FIG. 34: ESQUEMA DO MÓDULO E DOBRA DA FACHADA [37].	15
FIG. 35: IMAGEM 3D DO MODELO VITROHOUSE [41].	16
FIG. 36: CONSTRUMAT 2005 - PROTÓTIPO VITROHOUSE [41].	16
FIG. 37 A/B: SIMULAÇÃO DE VERÃO E DE INVERNO [41].	17
FIG. 38: ESQUEMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO (ADAPTADO DE [46]).	21
FIG. 39: DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DE FORMAS DA BORDA (ADAPTADO DE [43]).	22
FIG. 40: DIAGRAMA DE TENSÕES NUM VIDRO TEMPERADO (ADAPTADO DE [48]).	24
FIG. 41 – IMAGENS COM O COMPORTAMENTO PÓS-FRACTURA DE DIFERENTES TIPOS DE VIDRO (ADAPTADO DE [50]).	27
FIG. 42: SELAGEM DE UM VIDRO DUPLO [45].	31
FIG. 43 A/B: PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM VIDROS DUPLOS [50].	33
FIG. 44: REQUISITOS E TAREFAS DA ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS (ADAPTADO DE [52]).	37
FIG. 45: PRODUTOS DO VIDRO: (A) VIDRO SIMPLES; (B) VIDRO LAMINADO; (C) VIDRO DUPLO E (B) VIDRO TRIPLO (ADAPTADO DE [27]).	38
FIG. 46 A/B: SECÇÃO DE CORTE DE UMA FACHADA SIMPLES E DE UMA FACHADA DUPLA [53].	38
FIG. 47: PORMENOR DA FACHADA DA MAISON HERMÈS EM TÓQUIO, NO JAPÃO.	41
FIG. 48 A/B: FACHADA DA MAISON HERMÈS EM TÓQUIO, NO JAPÃO [54].	41
FIG. 49 A/B: PORMENORES DO ENCAIXE DO VIDRO [56].	42
FIG. 50: PILKINGTON SPECTRUM [57].	45
FIG. 51: QUADRO IX.3 - COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE REFERÊNCIA [58].	47
FIG. 52: VIDRO SIMPLES (ENTRE 1 E 2 PAINÉIS).	48
FIG. 53: VIDRO DUPLO (ENTRE 2 E 4 PAINÉIS).	48
FIG. 54: VIDRO TRIPLO (ENTRE 3 E 6 PAINÉIS).	48
FIG. 55: VALOR DE $U[W/(m^2.K)]$ PARA O VIDRO SIMPLES EM FUNÇÃO DA ESPESSURA.	50
FIG. 56: FACTOR SOLAR (g) DO VIDRO SIMPLES EM FUNÇÃO DA ESPESSURA	51
FIG. 57: TRANSMISSÃO LUMINOSA (T_L) DO VIDRO SIMPLES EM FUNÇÃO DA ESPESSURA.	51
FIG. 58: ÍNDICE DE SELECTIVIDADE (%) DO VIDRO SIMPLES EM FUNÇÃO DA ESPESSURA.	52

FIG. 59: VALOR DE $U[W/(m^2.K)]$ DO VIDRO SIMPLES LAMINADO EM FUNÇÃO DA ESPESSURA.	53
FIG. 60: VALOR DE $U[W/(m^2.K)]$ EM FUNÇÃO DA ESPESSURA E PREENCHIMENTO DA CAVIDADE.	55
FIG. 61 A/B: VALOR DE U PERANTE O AUMENTO DA ESPESSURA DOS PAINÉIS DE VIDRO, PREENCHIMENTO DA CAVIDADE COM AR E ÁRGON.....	56
FIG. 62 A/B: VALORES DO FACTOR SOLAR (g) E TRANSMISSÃO DE LUZ (TL) PERANTE O AUMENTO DA ESPESSURA DOS PAINÉIS DE VIDRO.....	56
FIG. 63: VALORES DO ÍNDICE DE SELECTIVIDADE (S) PERANTE O AUMENTO DA ESPESSURA DOS PAINÉIS DE VIDRO.	56
FIG. 64: DEFINIÇÃO DAS FACES DOS VIDROS.	58
FIG. 65: VALOR DE $U[W/(m^2.K)]$ EM FUNÇÃO DA ESPESSURA E TIPO DE ENCHIMENTO DA CAVIDADE.	59
FIG. 66 A/B: VALORES DO FACTOR SOLAR (g) E TRANSMISSÃO DE LUZ (TL) PERANTE O AUMENTO DA ESPESSURA DOS PAINÉIS DE VIDRO.....	60
FIG. 67: VALORES DO ÍNDICE DE SELECTIVIDADE (S) PERANTE O AUMENTO DA ESPESSURA DOS PAINÉIS DE VIDRO.	60
FIG. 68 A/B: VALORES DO FACTOR SOLAR (g) E TRANSMISSÃO DE LUZ (TL) PERANTE O AUMENTO DA ESPESSURA DOS PAINÉIS DE VIDRO.....	61
FIG. 69: VALORES DO ÍNDICE DE SELECTIVIDADE (S) PERANTE O AUMENTO DA ESPESSURA DOS PAINÉIS DE VIDRO.	61
FIG. 70: VALOR DE $U[W/(m^2.K)]$ EM FUNÇÃO DA ESPESSURA E TIPO DE ENCHIMENTO DA CAVIDADE.	62
FIG. 71 A/B: VALOR DE U E FACTOR SOLAR DO VIDRO TRIPLO PERANTE O AUMENTO DA ESPESSURA DOS SEUS PAINÉIS.	63
FIG. 72 A/B: TRANSMISSÃO DE LUZ E ÍNDICE DE SELECTIVIDADE PARA O VIDRO TRIPLO PERANTE O AUMENTO DA ESPESSURA DOS SEUS PAINÉIS.	63
FIG. 73 A/B: VALOR DE U PARA O VIDRO TRIPLO COMUM E COM CAPA, EM FUNÇÃO DA ESPESSURA DA CAVIDADE (PREENCHIMENTO COM AR).....	63
FIG. 74: EVOLUÇÃO DO VALOR DE $U[W/(m^2.K)]$ DO VIDRO SIMPLES AO TRIPLO, COM OU SEM REVESTIMENTO.	65
FIG. 75: VALOR DE $U[W/(m^2.K)]$ PARA O VIDRO DUPLO E TRIPLO, COM E SEM CAPA, EM FUNÇÃO DO ENCHIMENTO DA CAVIDADE.	66
FIG. 76: EVOLUÇÃO DO VALOR DO ÍNDICE DE SELECTIVIDADE (S) PARA O VIDRO DUPLO E TRIPLO.....	68
FIG. 77: COMPARAÇÃO ENTRE VIDRO DUPLO E TRIPLO.	69
FIG. 78: DEFINIÇÃO DO IDIOMA.....	78
FIG. 79: TABELA DE PROJECTO.....	78
FIG. 80: TABELA DO VIDRO.	79
FIG. 81: SELECÇÃO DOS VIDROS.	79
FIG. 82: SELECÇÃO ATRAVÉS DA DESIGNAÇÃO COMERCIAL.	80
FIG. 83: SELECÇÃO DO PAINEL NA BIBLIOTECA.	80
FIG. 84 A/B: PARÂMETROS PARA DEFINIR A CAIXA-DE-AR.	81
FIG. 85: CÁLCULO DAS CARACTERÍSTICAS DO VIDRO SIMPLES.	81
FIG. 86: TABELA PARA DIMENSIONAR E DEFINIR A MONTAGEM DO VIDRO.	82
FIG. 87: TABELA PARA DEFINIR O SISTEMA DE SOMBREAMENTO.	82
FIG. 88: TABELA PARA DEFINIR A LOCALIZAÇÃO DO PROJECTO E POSICIONAMENTO DO VIDRO.....	83

FIG. 89: OPÇÃO DO PRESENTE TRABALHO.	84
FIG. 90: OPÇÃO POR CONDIÇÕES CLIMÁTICAS STANDARD.	84
FIG. 91: SELECÇÃO DA ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS.....	84
FIG. 92: TABELA PARA ESPECIFICAR AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.	85
FIG. 93: TABELA PARA CONSIDERAR A ACÇÃO DO VENTO E DA NEVE, QUANDO APLICÁVEIS.	85
FIG. 94: TABELA DE RESULTADOS.....	86
FIG. 95: SELECÇÃO DO ÁTELIER DO VIDRO.	86
FIG. 96: CINCO FORMAS DE ALTERAR UM VIDRO CONHECIDO.....	87
FIG. 97: DEFINIÇÃO DE UM PAINEL DE VIDRO NOVO.	87

O vidro é o material de construção dominante na arquitectura moderna. Com dois mil anos de história como componente para cerramento dos espaços, o vidro plano é um dos materiais artificiais mais antigos. Devido à evolução que tem experimentado, é hoje em dia um dos materiais mais avançados. Presentemente, a utilização de tecnologias de produção inovadoras e o desenvolvimento de novas soluções, possibilitam a atribuição de características adicionais, tais como, o isolamento térmico e acústico, protecção solar, protecção contra incêndios, etc., que lhe permitem ser o protagonista nos mais arrojados projectos.

Actualmente, atendendo ao aumento dos custos da energia e das matérias primas, a arquitectura e a engenharia colocam uma ênfase especial sobre os métodos de economia de energia na construção, que representam um dos maiores desafios dos nossos tempos. O vidro, pela sua transparência, permite outro tipo de construção, que ao mesmo tempo obriga a uma diferente abordagem, devido ao particular comportamento deste material. Um tratamento inadequado poderá ter sérias consequências, tornando-se imprevisível, mas utilizado correctamente possui vantagens inestimáveis. Concluindo, o vidro tem agora condições para cumprir quase todas as exigências da envolvente nos edifícios modernos.

A presente Dissertação, enquadrada no Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis, procura explorar os limites da utilização do vidro na construção, em particular no que respeita à sua utilização em fachadas, dando especial atenção aos aspectos materiais, à aplicação e ao comportamento do vidro. Sobretudo, pretende desenvolver o conhecimento do comportamento térmico do vidro, e apresentar a sua evolução desde o vidro simples ao vidro isolante, com dois ou três painéis de vidro e incluindo ou não revestimentos, isto, através da utilização de uma ferramenta de cálculo usada pelos profissionais de fachadas de vidro (Vitrages Décision).

1.1 OBJECTIVOS

Num primeiro momento, a escolha do tema a abordar advém de uma intenção pessoal de estudar e conhecer um material tão particular e específico, e que é fundamental para a qualidade dos espaços. Mas que, perante uma utilização inadequada pode colocar em causa o conforto dos seus ocupantes. Considerando ser uma grande mais-valia para formação de qualquer projectista, sendo que, “(...) o domínio da arquitectura reflecte-

se na capacidade de domínio dos materiais aplicados, tirando de forma consciente o máximo partido das suas propriedades naturais e consequentemente das propriedades artificiais, moldadas de acordo com a nossa vontade.”[1]

O presente trabalho tem como principal objectivo que o conhecimento e informação adquiridos sirvam como base no acto de projectar. Pelo que, a estrutura proposta para o trabalho procura ir de encontro às questões e necessidades dos projectistas a quando da escolha e prescrição de “Fachadas em Vidro”, de forma a tirar o máximo partido do material e das suas potencialidades, dando uma resposta mais eficaz às necessidades de reduzir os consumos de energia, controlando as perdas e os ganhos. Nesse sentido, a finalidade do trabalho passa por uma caracterização do comportamento térmico do vidro, tendo em vista a sua correcta especificação, permitindo maximizar a eficácia da luz do dia e o conforto dos ocupantes, e minimizar o uso de energia na utilização dos edifícios, possibilitando assim, o cumprimento de todas as especificações da envolvente dos edifícios actuais.

Paralelamente, tem também como objectivo dar a conhecer aos leitores, através de uma análise bibliográfica, a evolução histórica da aplicação do vidro em fachadas, a evolução do material e da sua aplicação, apresentando alguns exemplos do que melhor se faz na actualidade. Após esta análise, de forma a facultar informação sobre os principais conceitos do vidro, considerando a sua utilização na construção, é feita uma definição do vidro como material, focando as suas principais características, o desenvolvimento de novos tipos de vidro, com tratamento e/ou revestimento, e é apresentada uma descrição da legislação aplicada ao tema. Posteriormente, e antes de avançar para a análise do comportamento do vidro, é considerada a aplicação do vidro em fachadas, apresentando tipos de fachadas de vidro e sistemas de fixação.



Concluindo, o objectivo final é que esta informação associada a uma posterior informação do custo, por parte do fornecedor, permita aos projectista fazer a escolha mais adequada entre custo e eficácia do vidro.

1.2 METODOLOGIA

O processo e método de recolha de informação foi feito, essencialmente, com base em literatura estrangeira, dada a escassez de informação sobre o tema em português. A dificuldade na realização do trabalho acresceu não só pela língua, mas principalmente, pela imensa literatura disponível actualmente, entre livros, revistas, artigos, teses e sites, a complexidade estava em seleccionar a informação pretendida.

Numa fase inicial, a recolha e compilação de informação foi direccionada para a realização do Estado do Conhecimento (Capítulo 2), através de uma análise da evolução histórica e da actualidade relativamente à aplicação do vidro em fachadas. A exposição da actualidade pretende apresentar vários projectos arrojados, que dão protagonismo ao vidro, e às diferentes tipologias que têm por base fachadas em vidro, desde edifícios em altura, pavilhões em vidro, a projectos específicos que abrem caminho à substituição da fachada bidimensional por uma fachada tridimensional que por vezes chega a intervir directamente na organização do espaço. Para concluir, é introduzida a actual busca por uma construção sustentável.

De seguida, é apresentado o vidro como material de construção (Capítulo 3), definindo as suas propriedades e características. A produção do vidro plano, a sua utilização na construção, bem como, os vários produtos resultantes do seu posterior processamento, tratamento e revestimento serão também abordados. Para finalizar, e entendendo que actualmente o acto de projectar e a respectiva especificação dos materiais é indissociável da legislação, será apresentada, uma descrição da legislação e das normas actualmente em vigor aplicadas ao tema.

Tendo apresentado, uma série de exemplos que representam as imensas possibilidades na utilização do vidro e os vários produtos disponíveis na indústria, o capítulo seguinte aprofunda a aplicação do vidro em fachadas (Capítulo 4), através da referência a alguns tipos de fachada e aos sistemas construtivos, de acordo com o tipo de fixação do vidro.

Posteriormente, foi realizado um estudo do comportamento térmico do vidro (Capítulo 5), no qual, está patente a evolução do seu desempenho, desde o vidro simples ao vidro isolante, com dois ou três painéis. Este estudo tem por base a utilização de uma ferramenta de cálculo, específica para verificação do vidro a aplicar em fachadas, que é apresentada em anexo, bem como, a lista de resultados obtidos para os vidros testados.

O vidro como material de construção tem inspirado os arquitectos desde os tempos antigos. Historicamente, a relação entre o vidro e a arquitectura foi imposta pela capacidade de carga dos elementos estruturais, que determinaram a largura das aberturas das janelas. Actualmente, os arquitectos estão a utilizar o vidro para materializar a totalidade da envolvente do edifício, bem como paredes estruturais transparentes, criando os chamados edifícios transparentes. No futuro, a função do vidro pode ser polivalente, combinando transparência com implementação estrutural e, elevado desempenho ambiental.

“O vidro é uma ambição da história.” Arq. Souto Moura [2]

2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA

Analisando todo o percurso e história do vidro, podemos concluir que só no século XX foi possível ao vidro mostrar todo o seu potencial construtivo, ou seja, explorar ao máximo as suas potencialidades, estando ainda em contínua evolução. Em primeiro, porque só recentemente foi tecnicamente possível criar grandes panos uniformes e, em segundo, porque foi necessário alterar o conceito de arquitectura, libertando-a da construção pesada e massiva, para se começar a explorar a possibilidade de criar fachadas leves e transparentes. Desde então, a evolução técnica do vidro foi surpreendente, considerando um material que, em princípio, era frágil e sem qualidades isolantes, tornando possível estruturas inteiramente em vidro ou fachadas com muito bom nível de isolamento térmico e acústico e inclusive com uma elevada resistência ao fogo.

Ao definirmos a arquitectura do século XX em termos construtivos e em relação aos materiais, será comum defini-la pelo uso do betão armado, do aço e do vidro. O último teve para o homem especial interesse, que o levou a desenvolver técnicas construtivas que lhe permitiu realizar os mais audazes e luminosos edifícios. É difícil explicar a atracção pelo vidro, contudo, se obedece-se a um único motivo, poderíamos dizer que este é a transparência, em específico, a sua relação com a luz.

Considerando que a arquitectura moderna teve início na década de 1920, e que *“a tarefa histórica da arquitectura tem sido dar forma aos sistemas construtivos”*[3], podemos afirmar que a arquitectura de vidro também se estabelece formalmente nessa década. É certo que no início do século XX existiam já vários edifícios grandes e pequenos construídos totalmente em vidro e em aço, e que foram edificadas durante a segunda

metade do século anterior. No qual, o vidro era sinónimo de um espírito optimista que crê na razão, na tecnologia e no progresso, teve importantes avanços ao nível das técnicas de fabricação, em específico no desenvolvimento dos fornos e produção em série, permitindo aumentar a produção do vidro de maiores dimensões e a expansão da indústria para todo o mundo, e consequente generalização do seu uso.

Esta evolução esteve de início patente nas montras de edifícios comerciais, mas a sua grande expressão esteve presente na concepção de estufas e pavilhões para exposições. A Palm House, no Royal Botanical Garden (Fig. 1 a/b), em Kew, Londres (1844-1848), de Decimus Burton e Richard Turner, é um exemplo clássico dessa evolução. Integralmente construída em ferro e vidro, a estufa foi toda coberta por uma pele de vidro, composta por painéis fixos a uma subestrutura metálica, colocados ligeiramente sobrepostos, como escamas.



Fig. 1 a/b: Imagens do Exterior da Palm House, no Royal Botanical Garden em Kew, em Londres [4]

Um dos factores que determinaram a forma da nova arquitectura de vidro nos primeiros vinte anos de século XX terá sido a publicação do livro de Scheerbart, em 1919. A seguinte citação desse livro é bem sintomática do espírito de exaltação das virtudes da utilização do vidro na arquitectura.

“Vivemos a maior parte do tempo em espaços cerrados. Estes constituem o meio no qual se desenvolve a nossa cultura. A nossa cultura é de certa forma um produto da nossa arquitectura. Para levar a nossa cultura a um nível mais elevado somos forçados, gostemos ou não, a mudar a nossa arquitectura. E isso só será possível se livrarmos as dependências em que vivemos do seu carácter fechado. Isso, por sua vez, só será possível pela introdução de uma arquitectura de vidro que deixe entrar a luz do sol, da lua e das estrelas, não só por algumas janelas, mas pelo maior número possível de paredes, que devem ser inteiramente de vidro, de vidro colorido. O novo meio, alcançado, tem que nos trazer uma nova cultura.”. [5]

Em termos práticos, a construção dos pavilhões de Taut (Fig. 2) e Gropius, o Pavilhão Werkbund em Colónia, a Fábrica Fagus (Fig. 3) em Alfeld-na-der-Leine (1911-1912) e a Bauhaus (Fig. 4) de Dessau (1925-1926), constituíram também factores decisivos para impulsionar a utilização do vidro.

O Pavilhão de Vidro de Bruno Taut era uma construção de planta circular construída integralmente em vidro, à excepção de alguns elementos construtivos, a cobertura era uma cúpula facetada poligonal com lâminas de vidro e, as paredes e os pisos de vidro moldado. Realizava assim o ideal utópico de Scheerbart.



Fig. 2: Pavilhão de Vidro, Bruno Taut [6].



Fig. 3: Fábrica Fagus [7].



Fig. 4: Bauhaus de Dessau, Gropius [8].

A Fábrica Fagus e o Pavilhão Werkbund, de Gropius, com paredes integralmente em vidro, sobrepondo-se aos pavimentos, apresentam as esquinas em vidro e dessa forma desmaterializadas, contrapondo à arquitectura tradicional em que eram sólidas, resistentes e agudas, conseguiram um impacto visual e tecnológico tão grande que, podem ser considerados como os pioneiros da arquitectura moderna.

Na década seguinte, é através de Mies Van der Rohe que se verifica a procura por uma nova linguagem arquitectónica, desafiando a até então conhecida arquitectura de vidro, estimulando a evolução técnica do mesmo, iniciativa que está patente em dois projectos que não chegaram a ser construídos. O Arranha-céus na Friedrichstrasse de 1919 (Fig. 5), e o Arranha-céus de fachada deformada de 1920-1921 (Fig. 6).

A intenção de Mies van der Rohe, em ambas as propostas, era deixar exposta a estrutura dos edifícios, “*queria mostrar o esqueleto e pensei que a forma mais simples de o fazer era pôr o vidro como pele*”[9], mas com a consciência das suas implicações, pelo que, perante a questão dos reflexos pela utilização do vidro, em ambos os casos, decompôs a fachada em múltiplas faces. Os seus desenhos e as maquetas apresentam fachadas neutras, construídas integralmente com placas de vidro, como cortinas transparentes.

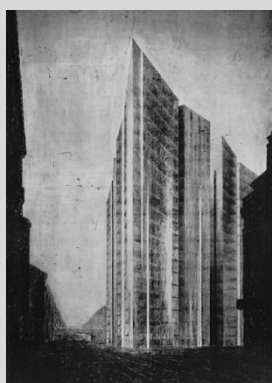


Fig. 5: Friedrichstrasse, Mies van der Rohe [10].

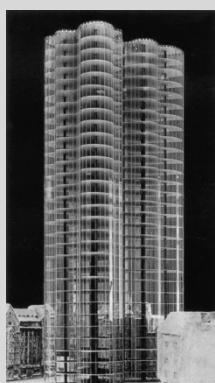


Fig. 6: Arranha-céus em vidro [10].



Fig. 7: Interior do salão principal da Casa Tugendhat, Ludwig Mies van der Rohe [7].

Posteriormente, mais dois projectos de Mies van der Rohe, ambos construídos, presumivelmente devido à sua dimensão e carácter exequível, ao contrário das anteriores, completaram a formulação da arquitectura de vidro nesta década. A casa Tugendhat (Fig. 7) em Brno (1928-1930) e o Pavilhão Alemão de Barcelona (1929). Dois edifícios construídos não inteiramente em vidro, mas onde este material tem um papel principal. Descaracterizando o conceito de janela em ambos os projectos, em que, parte das paredes são substituídas por painéis de vidro, do chão ao tecto. Estes projectos são pioneiros de uma série de outras propostas que chegam aos nossos dias.

Outras práticas construtivas que contribuíram para definir a nova estética da arquitectura do vidro foram: a Maison de Verre (Fig. 8) em Paris de P. Chareau (1931), a Fábrica Van Nelle em Rotterdam de Brinkman, Van der Vlugt e Stam (1927-1929), e a Boots Pharmaceutical Factory (Fig. 9) de O. Williams (1930-1932). As fábricas Van Nelly e Boots, dois edifícios de uso industrial, demonstram a importância do vidro na valorização da qualidade dos espaços de trabalho e, demonstram um grande conhecimento na utilização do vidro como revestimento e na sua relação com o betão armado, como uma estrutura.



Fig. 8: Maison de Verre (1931), Chareau [11].



Fig. 9: Fábrica Boots (1930-32) em Beeston, Grã-Bretanha, Sir Evan Owen Williams [7]

Embora, neste período se tenha definido uma nova linguagem arquitectónica em que o vidro tinha o papel principal, só em 1952 se desenvolve o processo de fabrico do vidro “flutuado” (*float glass*), que tornou possível a fabricação de folhas de vidro de grandes dimensões, muito lisas e de espessura uniforme, factores essenciais para a transparência e qualidade final do vidro, sendo que, só foi comercializado a partir de 1959. Muito posterior, portanto, às propostas pioneiras de Mies van der Rohe, Gropius, Le Corbusier, etc. Actualmente, este processo ainda representa o estado da arte na produção de vidros planos.

Os anos cinquenta foram um momento de grande expansão económica e optimismo, comercial e tecnológico. Caracterizaram-se pelo elevado volume de construção de edifícios em altura, povoando as principais cidades com fachadas de vidro, como sinónimo de modernismo. Os protagonistas deste período são, indubitavelmente, SOM e Mies van der Rohe, cujos projectos se converteram em arquétipos: a Lever House (Fig. 10) em

Nova Iorque de SOM (1950-1952), com vidros fumados em verde e caixilharia metálica de aço inoxidável; e o Seagram (Fig. 11) em Nova Iorque de Mies (1956-1958), com vidros fumados em bronze e toda a caixilharia metálica exterior em bronze também para acentuar a unidade cromática do prisma.



Fig. 10: Lever House, New York City, SOM [12].



Fig. 11: Seagram Building, Mies van der Rohe [10]

Outra obra, que representa por completo a arquitectura de vidro desta década, é a casa Farnsworth (1946-1951). Com a casa Tugendhat em Brno (1928-1930), o Pavilhão Alemão de Barcelona e, posteriormente, a casa Resor (1938), Mies van der Rohe explora a utilização do vidro como parede que concretizou de forma decisiva na casa Farnsworth (Fig. 12), onde cria um novo conceito, um jogo em que os planos horizontais são sustentados por uns pilares de aço leve, utilizando para envolver os espaços unicamente o vidro.



Fig. 12: Casa Farnsworth (1946 - 1951), Mies Van der Rohe [13].

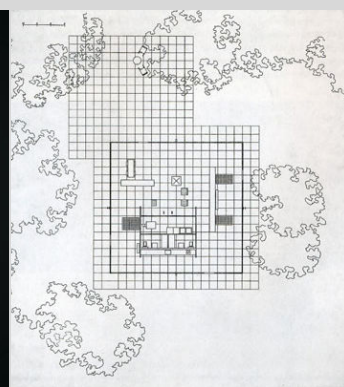
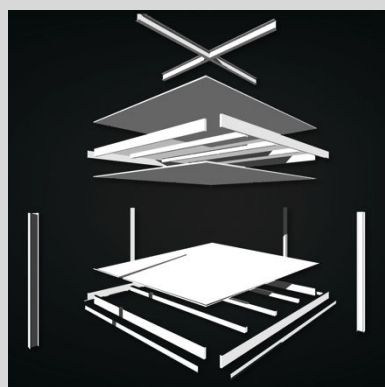


Fig. 13 a/b: Imagem estrutura e planta do Projecto da Casa 50 x 50 (1950 - 1951), Mies Van der Rohe [14].

Estas experiências estão patentes em outras propostas, tais como, o Modelo de Vivendas 50x50 (Fig. 13 a/b) onde é levada ao limite a sensação de imaterialidade, através do recurso estrutural de sustentar a planta em quatro pilares exteriores situados no centro de cada uma das fachadas, deixando livres as esquinas. Encarado como o ideal de vivenda americana, este projecto, definia o vidro como elemento essencial, sinónimo de valores como a abstracção, a infinidade espacial do interior e a flexibilidade funcional. Foi uma das últimas casas que Mies van der Rohe projectou, e serviu de base para outras propostas, como o edifício Bacardí (1957 - 1958), o Museu Schaefer (1960-1963) e a Galeria Nacional (1962-1967).

Contudo, estes projectos que procuravam explorar ao máximo a utilização do vidro, em simultâneo, evidenciaram os problemas técnicos deste material, tanto em pequenas habitações como em grandes edifícios de escritórios. A radiação solar com entrada massiva de luz e calor, a falta de isolamento térmico e acústico, os reflexos, a transparência verde e as dimensões máximas de fabricação dos painéis de vidro, são os contratempos técnicos e de composição que acompanharam esta arquitectura.

De forma a responder aos problemas que foram surgindo, e com uma crescente aposta na arquitectura de vidro, as exigências cada vez maiores deram lugar a respostas através do seu desenvolvimento técnico. Em termos formais, desde a construção das grandes estufas se tem procurado reduzir o impacto da caixilharia que unia os vidros, impondo o seu desenho na fachada e interrompendo a continuidade do material. Com a propagação do uso da envolvente envidraçada, surge como elemento chave e obrigatório a junta entre os painéis. Ao procurar eliminar essa dependência, a solução passou por explorar o potencial estrutural do vidro, para que se auto sustentasse, facto possível graças ao vidro temperado e ao desenvolvimento de complexos sistemas de fixação.

O edifício de escritórios Willis Faber & Dumas (1971-1975) de Norman Foster (Fig. 14, Fig. 15 e Fig. 16), converteu-se no arquétipo para este tipo de solução arquitectónica, sucessor directo das ideias e experiências levadas a cabo por Mies Van der Rohe, nas suas propostas de arranha-céus para Berlim com fachadas de vidro curvas. Neste edifício, a estrutura de betão armado, é completamente envolvida por painéis de vidro que compõem a fachada em todo o seu perímetro, remetendo-a para segundo plano. O vidro suspenso sem qualquer caixilharia ou moldura aparente, permite uma continuidade de reflexos na fachada curva que se caracterizam como elemento do próprio edifício. Os painéis encontram-se suspensos na laje de cobertura, estando interligados entre si por pequenas peças metálicas nos cantos, com as juntas colocadas topo com topo e calafetadas com silicone incolor. Na face interior da fachada, como resposta às solicitações do vento, foram empregues contrafortes verticais de vidro, ancorados às lajes e unidos às fixações metálicas da fachada. Os painéis de tonalidade cinzenta aplicada como controlo solar, contrapõem-se à ideia de transparência.



Fig. 14: Fotografia da cobertura do Edifício Willis Faber & Dumas, Norman Foster and Partners [15].



Fig. 15: Fotografia da Fachada do Edifício Willis Faber & Dumas [15].

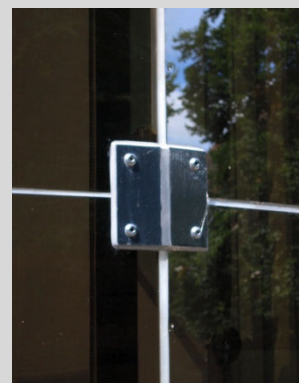


Fig. 16: Elemento metálico de união dos painéis [16].

Posteriormente, através dos avanços técnicos foi possível desenvolver soluções de fachadas em vidro estrutural suspenso, como por exemplo, a Cidade das Ciências e da Indústria (Paris, 1980-1986) de Adrien Fainsilber (Fig. 17 e Fig. 18), com a sua fachada bioclimática criada pelos RFR (Rice Francis Ritchie). Contudo, o efeito final, apesar da complexa e ligeira estrutura tencionada e o evidente esforço técnico, não tem a clareza e transparência esperadas.



Fig. 17: Imagem do exterior da Cidade das Ciências e da Indústria, de Adrien Fainsilber [17].

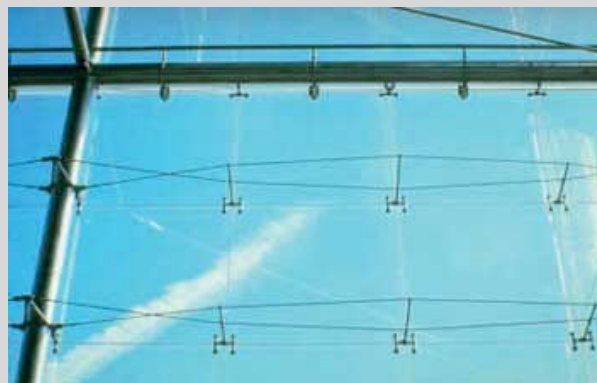


Fig. 18: Pormenor da Estrutura. [18]

Concluindo, a fachada para a Sede Willis Faber Dumas, seguida, pelas Estufas Bioclimáticas de La Villette, que marcadas pela invenção dos sistemas de fixação rotulados, são o primeiro exemplo de importância com uma fachada 100% sem moldura, baseada na utilização do vidro estrutural. Estabeleceram assim, as bases para a transparência absoluta e, abriram curso ao uso moderno do vidro estrutural que caracteriza os edifícios mais recentes. Com esses exemplos, é possível verificar o desenvolvimento notável na indústria do vidro, na qual, o desenvolvimento contínuo do vidro temperado, laminado, isolante, etc., veio possibilitar o impulso definitivo à utilização generalizada deste material, considerando que, passaram a estar garantidas as questões relacionadas com os aspectos climáticos, acústicos, estéticos e, principalmente, de segurança.

2.2 ACTUALIDADE

Actualmente, as possibilidades de aplicação do vidro parecem não ter limites, a imaginação dos arquitectos e os conhecimentos técnicos por parte dos engenheiros superam-se a cada novo projecto. É possível verificar que a utilização do vidro não se restringe a geometrias simples. Antes pelo contrário, o vidro é muitas vezes o material de eleição em formas curvas e orgânicas. A escolha do vidro como envolvente surge mais evidente, principalmente, em três tipos de edifícios (tendência evidente nas actuais investigações), desde os edifícios em altura e os pavilhões de vidro, às formas curvas e orgânicas. Contudo, existem também alguns exemplos que demonstram uma tendência para alterar o conceito de fachada como elemento bidimensional para tridimensional, com a possibilidade de interferir na organização do espaço.

Nos edifícios em altura, verifica-se que o vidro, na generalidade dos casos, é a escolha principal, perfazendo quase a totalidade ou o total da fachada, considerando que, representa uma das melhores soluções na realização de fachadas leves produzidas industrialmente e, comparativamente, é de fácil montagem e apresenta inúmeras possibilidades. O Edifício Westin New York (Fig. 19 a/b/c) em Times Square (2001), Nova Iorque (EUA), do gabinete de arquitectos Arquitectónica [19], é um exemplo das muitas possibilidades do vidro. A sua envolvente é definida por uma parede cortina de 17094 m², com aproximadamente 4500 painéis com cerca de 1000 variações, de acordo com as várias formas, ligações, cores e tamanhos da armação e vidro.

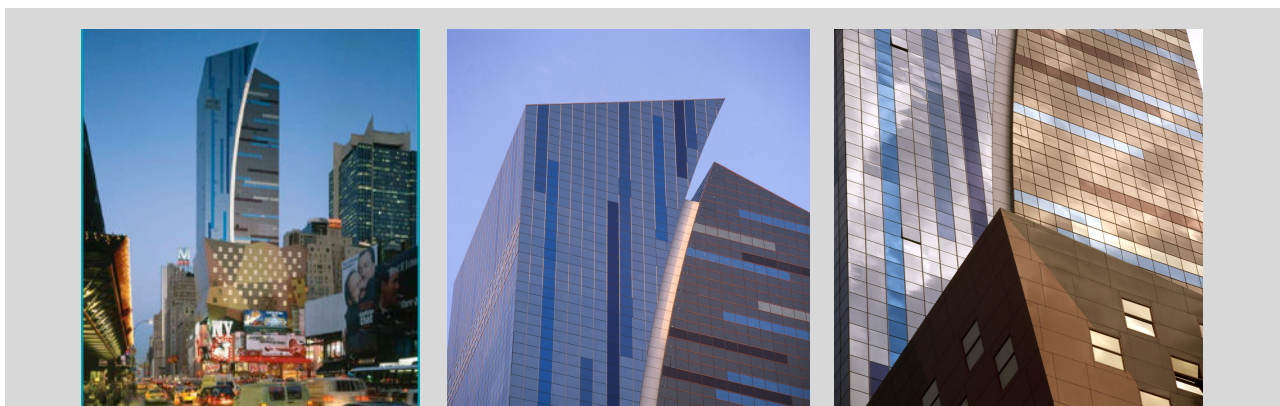


Fig. 19 a/b/c: Imagens da Fachada do Edifício Westin New York, em Times Square, Nova Iorque (EUA) [19].

Na selecção do tipo de vidro, a escolha foi por vidro com baixos índices de reflectividade² e, relativamente à sua fixação, aos painéis estão associados: um suporte em alumínio extrudido, vedantes e adesivos, isolamento, aço galvanizado e conectores de suporte à montagem. [20]

Contudo, as possibilidades não se restringem a formas e geometrias lineares, existem exemplos como: o edifício 30 St Mary Axe (Fig. 20, Fig. 21 e Fig. 22) em Londres (RU), de Norman Foster (2004) [21]; e o edifício da Sede dos Correios Alemães, em Bonn, na Alemanha, de Murphy/Jahn (2002); que valorizam e privilegiam, com base em questões técnicas, formas circulares e curvas. Localizado no antigo local do “Baltic Exchange” na cidade de Londres, o edifício 30 St Mary Axe com a sua forma distinta, contribui para o cluster formado pelos edifícios em altura, que simbolizam o coração financeiro de Londres.

O edifício possui uma planta circular que se expande à medida que cresce desde o solo, até um ponto intermédio e, diminui em seguida até ao seu topo. O perfil esbelto do edifício nos seus extremos, permite reduzir a reflexão na sua base, melhorar a transparência e aumentar a penetração da luz natural ao nível do solo e, minimizar os reflexos do céu junto ao topo. Sendo assim, consegue ser menos volumoso que os convencionais blocos rectangulares tendo a mesma área de implantação, e oferecer amplas áreas para a instalação de escritórios a meio do edifício.

² Reflectividade - razão entre a intensidade da radiação total reflectida e da radiação total incidente. (Infopédia)

A sua forma aerodinâmica obriga o vento a circular em redor da sua superfície, minimizando as cargas causadas por este na estrutura e revestimento, permitindo um uso mais eficiente da estrutura. O vento, contrariamente ao que ocorre nos edifícios rectangulares, não é deflectido para a base do edifício, o que contribui para o conforto e segurança dos transeuntes na base do edifício.



Fig. 20: Edifício 30 St Mary Axe em Londres, Reino Unido [22].



Fig. 21: Imagem da Fachada e entrada do edifício [22].



Fig. 22: Imagem de Pormenor da Fachada com abertura de vãos [23].

A envolvente totalmente envidraçada do edifício, permite aos ocupantes desfrutar da vista para o exterior e dos benefícios da luz do dia. As áreas envidraçadas dos escritórios são compostas por duas camadas de vidro com uma cavidade, sendo esta, ventilada pelo ar retirado dos escritórios. Isto permite a intersecção da radiação solar antes de esta atingir os espaços dos escritórios, reduzindo-se a carga típica do ar condicionado. O revestimento dos poços de luz consiste em painéis fixos de vidro duplo, com vidro colorido de alto desempenho revestido para reduzir a penetração da radiação solar. [20]

Quanto ao edifício da Sede dos Correios Alemães (Fig. 23 a/b/c) [24], em Bonn, é exemplo de uma prática sustentável, que alcança o objectivo da arquitectura com preocupações ambientais, sem sacrificar a estética ou o conforto dos ocupantes. A torre com 162 m de altura, repensa o arranha-céu como “um edifício tipo”, concentrando-se na integração de funções, tecnologia e no conforto do utilizador, para criar uma arquitectura de “alta tecnologia e baixo consumo de energia”. Composta por duas curvas semi-circulares, com cerca de 85 m de comprimento e 40 m de largura, possui uma dupla fachada de vidro, o que permite a abertura de janelas nos pisos mais elevados sem que o conceito energético do edifício seja afectado.

As duas metades do edifício encontram-se ligadas por quatro pisos, com um jardim de inverno, e em cada piso por corredores em vidro. A área da cobertura é fechada por uma fachada de vidro com 11 m de altura, caracterizada como uma “fachada inteligente”, que contem um jardim e uma penthouse, esta última revestida por uma grade em aço de curvatura dupla. [20]



Fig. 23 a/b/c: Edifício da Sede dos Correios Alemães [25] / Vista da Fachada a partir do interior da Torre / Vista exterior da Fachada da Torre da Sede dos Correios Alemã [26].

Os “Pavilhões Transparentes” representam uma das principais aplicações do vidro, um edifício tipo do qual é parte integrante a fachada de vidro. Seguindo as ideias de Philip Johnson e de Mies van der Rohe, surgem edifícios que reduzem ao mínimo a utilização de estrutura metálica como suporte, testando as capacidades do vidro como material estrutural. O termo pavilhão é atribuído, normalmente, a um edifício pequeno de um único piso com uma estrutura com poucos ou sem pilares. Pelo que, os Pavilhões de Vidro podem ser definidos como estruturas cobertas em que as paredes envolventes são feitas de elementos de vidro, que dividem o espaço interior do mundo exterior [27]. Existe uma série de exemplos, desde a Casa de Vidro, projectada pelo arquitecto Philip Johnson em 1949, como sua residência, a mais recentes, como o Pavilhão em Vidro do Museu de Arte de Toledo (Fig. 24 a/b), projectado pelos arquitectos SAANA (2000/06) e que combina o mais avançado conhecimento estrutural, material, ambiental e estético criando um edifício elegante que não poderia ter sido realizado uma geração antes.

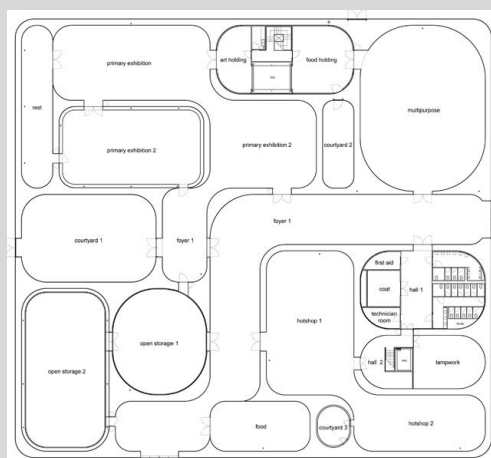


Fig. 24 a/b: Imagem Exterior do Pavilhão em Vidro do Museu de Arte de Toledo [28] / Planta térrea do edifício [29].

É um pavilhão com um único piso e, uma vez que não há cantos em ângulo recto no exterior do edifício e nas paredes interiores que perfazem as galerias, a maior parte do vidro foi arredondado para definir os limites.

As cavidades que advêm dos espaços das galerias são usadas para ventilação e aquecimento, sendo que, o sistema de ventilação mecânica utiliza o espaço da cavidade para arrefecer a temperatura, reutilizando o ar arrefecido das galerias para arrefecer os espaços mais quentes e, reciclar o calor gerado pelos fornos de vidro para aquecer as cavidades no inverno. [27]

Um exemplo mais recente de pavilhões em vidro, é o Cubo de Vidro Leonardo em Bad Driburgo (Alemanha), inaugurado em 2007 (Fig. 25 a/b). O conceito do projecto combina arquitectura, design de interiores, design gráfico e arquitectura paisagista dando origem a uma entidade estética complexa. Construído com uma largura de 36 m sem qualquer pilar, de modo a permitir uma vista do exterior praticamente sem obstruções, utiliza para contrabalançar as deformações causadas pela pressão do ar, cabos de aço fino suspensos entre o chão e o tecto, nas junções dos painéis de vidro laminado de segurança, sem moldura, de 6 m de altura, através do qual, não foi necessário nenhum suporte vertical nas esquinas do edifício. [30]



Fig. 25 a/b: Imagens do exterior do Cubo de Vidro Leonard em Bad Driburgo [31].

As semelhanças, entre os vários pavilhões de vidro projectados e construídos recentemente, estão na intenção de tornar os pavilhões o mais transparente possível, com uma estrutura suficientemente forte para suportar as cargas impostas e, ao mesmo tempo esbelta para não interferir com a clareza e transparência do edifício. Essa intenção é levada ao limite nos pavilhões totalmente transparentes, onde o vidro é utilizado como elemento estrutural primário capaz de realizar e apoiar toda a estrutura.

Outra tendência na utilização do vidro em fachadas está presente nos edifícios com formas curvas e orgânicas, nos quais, no limite o vidro envolve todo edifício, sem que haja separação entre as paredes e a cobertura, que não se distinguem, formando assim um único elemento. Como exemplo, temos o edifício do Museu Marítimo de Osaka, bem como, intervenções pontuais como a Estação de Metro St. Lazare e a Estação de Comboios de Alta Velocidade de Estrasburgo, excelentes exemplos de como é possível dobrar o vidro.

O Museu Marítimo de Osaka (Fig. 26 a/b/c), no Japão, do arquitecto Paul Andreu (1998), faz parte de uma intervenção de requalificação do porto, marcando a zona de entrada com uma esfera em vidro. A esfera é vista como se estivesse a flutuar na água, sem nenhuma ligação à terra, sendo que, o acesso ao museu é feito através de um túnel por baixo de água. A construção da sua capa em vidro foi uma das principais preocupações, de forma a conseguir transparência total, a filtrar o excesso de luz e aquecer sem modificar a sua cor.



Fig. 26 a/b/c: Imagem exterior do Museu Marítimo de Osaka, no Japão / Imagem exterior da esfera em vidro / Imagem interior da fachada-cobertura em vidro [32].

A estrutura de suporte tinha que ser leve, mas capaz de suportar ondas incrivelmente fortes. Contudo, não existe qualquer estrutura metálica entre as secções de vidro, somente silicone como vedante para assegurar a impermeabilização. E a generalidade das secções de vidro consistem em dois painéis de vidro de 15 mm, com uma folha perfurada de aço galvanizado no meio. A densidade de perfuração (10 % até 100%) varia consoante o percurso descrito pelo sol, de forma a filtrar a radiação directa e reduzir o ar condicionado ao mínimo. Esta folha de metal também permite criar um padrão no exterior da esfera: em dias de sol a esfera espelha o céu azul, em dias nublados esta confunde-se com o cinzento do mar.

Em relação à cobertura da entrada da Estação de Metro St. Lazare (Fig. 27 a/b), em Lentille (Paris, 1999-2004), a geometria foi gerada pela combinação e sobreposição de segmentos esféricos sobre um toro, que levaram à forma de bolha. Por outro lado, a orientação da estrutura segue uma lógica diferente: os arcos são definidos com base numa grade quadrada projectada sobre um segmento esférico a partir do seu próprio centro. Os arcos são sempre ortogonais ao segmento esférico, mas a sua inclinação em relação ao vão está constantemente a variar de ponto para ponto. Nestes casos, a diferença de orientação entre o vidro e os arcos é absorvida em um conjunto de auto alinhamento esférico, que é usado para ligar a moldura do vidro à estrutura principal. O vidro usado é o vidro laminado recozido, os panos de vidro de dupla curvatura são todos diferentes no plano inclinado mas todos feitos a partir de poucos moldes sobredimensionados. [33]

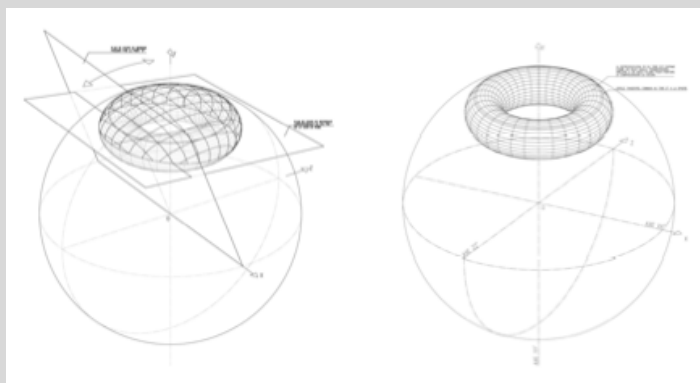


Fig. 27 a/b: Imagem do exterior da Estação de Metro St. Lazare, em Lentille [34] e esquemas da geometria [33].

A nova fachada em vidro (Fig. 28 a/b) da Estação de Comboios de Alta Velocidade de Estrasburgo (2003-2006) cobre e protege a velha, criando um espaço funcional de apoio para as actividades da estação. A sua estrutura principal é organizada de acordo com os meridianos (linha orientada de norte a sul), e o padrão do vidro segue essa lógica. Os painéis de vidro, laminado simples, são longos e estreitos e, de forma a adaptar o vidro à estrutura os painéis são curvos. Sendo formados por flexão a frio em vez de serem dobrados a quente, o vidro é forçado à posição no momento da montagem e, em seguida, fixo nessa posição. A tensão devido à dobra a frio é compensada pelo efeito de curvatura que por sua vez melhora o desempenho em relação a telas planas. Isto resulta em grandes painéis de estrutura bastante reduzida, pois são flexíveis o suficiente para serem facilmente dobrados [33].

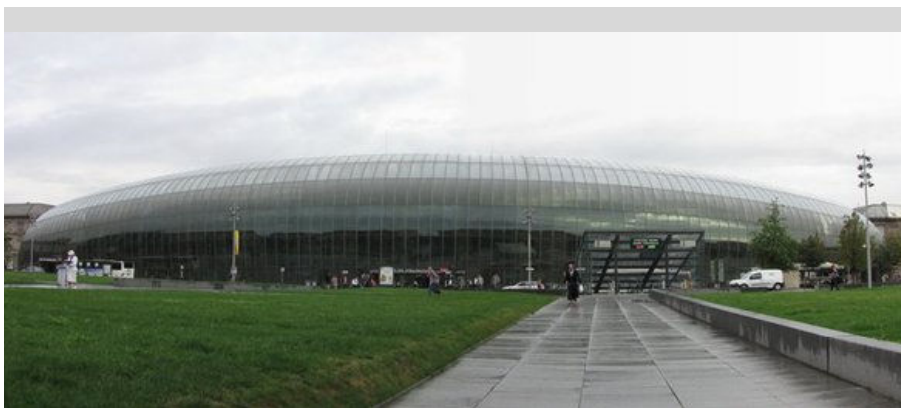


Fig. 28 a/b: Imagem exterior da Fachada da Estação do TGV em Estrasburgo / Imagem interior da envolvente de vidro [35].

A orientação sul da fachada colocou importantes questões energéticas, pelo que, a geometria e a composição das várias camadas de vidro, foram escolhidos de forma a limitar os ganhos solares, sem comprometer a transparência da envolvente. E a optimização da ventilação natural, através da utilização dos túneis de metro como fonte de ar fresco, permitiu alcançar um elevado nível de conforto com um gasto mínimo de energia.

Concluindo, existem excepções em relação a estas três tipologias de edifícios, presentes principalmente em edifícios públicos de serviços e comércio, que procuram ser modelo de referência para uma cidade ou país,

no qual, o vidro como elemento principal da fachada é sinónimo de inovação e protagonismo. Um exemplo recente, é a Sala de Concertos e Centro de Conferências Harpa (2011), em Reykjavik (Islândia) projectada pelos arquitectos Henning Larsen em colaboração com a artista Olafur Eliasson.

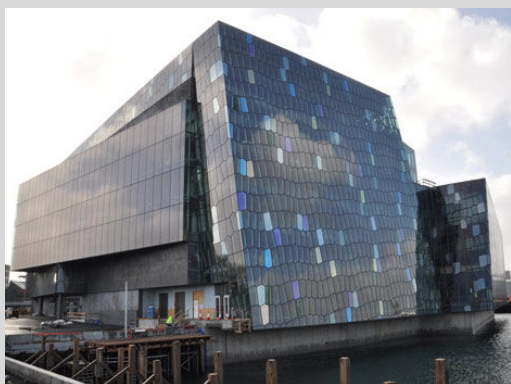


Fig. 29: Imagem exterior do Edifício Harpa [36].

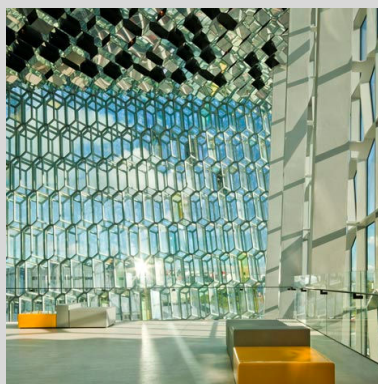


Fig. 30: Imagem da fachada vista pelo interior [36].



Fig. 31: Imagem com pormenor da fachada [36].

A sua fachada de vidro multifacetada (Fig. 29, Fig. 30 e Fig. 31), projectada pelo artista Olafur Eliasson em colaboração com os arquitectos, é baseada num princípio geométrico, realizado a três dimensões. Inspirada nas colunas de basalto cristalizado comumente encontrado na Islândia, a fachada sul cria reflexos caleidoscópicos impressionantes da cidade e da paisagem circundante. A luz natural é o elemento chave, alterando drasticamente a transparência, reflectividade, e as cores das fachadas como mudam o clima e as estações. Os tijolos “quasi” das fachadas a sul contêm LEDs em tons diferentes que fazem o edifício brilhar muito depois do pôr-do-sol. O brilho e a cor de cada módulo podem ser controlados e ajustados conforme a necessidade.

Todos estes projectos estão associados e são produto do crescente desenvolvimento da tecnologia. Como a produção de ambos, projectos arquitectónicos e elementos de construção (materiais, sistemas, etc.), evolui com os computadores, hoje são possíveis desenhos mais complexos e variados. Um exemplo desta evolução está patente na transformação da fachada cortina de superfície bidimensional para tridimensional. Esta transformação está presente, por exemplo, no edifício anteriormente apresentado que pelo exterior apresenta uma superfície plana e no interior evidencia a forma dos tijolos “quasi” que se sobrepõem formando a fachada.

O edifício de escritórios Trutec em Seoul, na Coreia, dos arquitectos Barkow Leibinger [37] apresenta esta tridimensionalidade da fachada cortina sintetizando o módulo e a dobra, através de uma grade rectangular que foi preenchida por células prismáticas de painéis de vidro triangular e trapezoidal. Esta combinação torna-se clara nas imagens seguintes (Fig. 32, Fig. 33 e Fig. 34), bem como que, através do vidro reflexivo a fachada alterna a reflexão de imagens do céu com da envolvente do edifício.

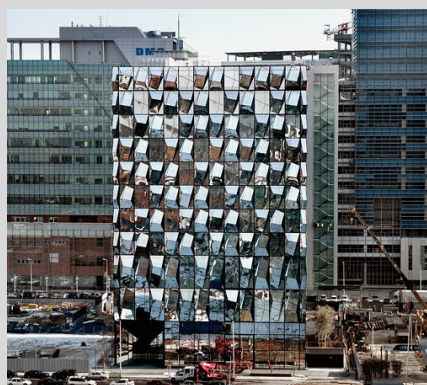


Fig. 32.: Edifício de Escritórios Trutec [37].

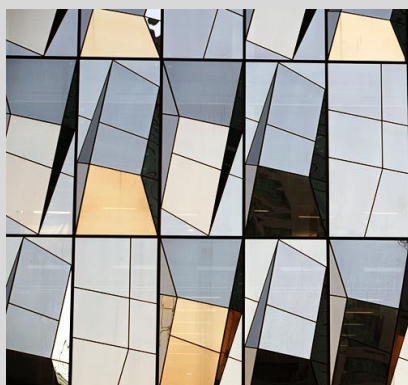


Fig. 33: Pormenor da fachada [37].



Fig. 34: Esquema do módulo e dobra da fachada [37].

2.3 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Como é de conhecimento geral, o desenvolvimento económico e social está directamente relacionado com o consumo de energia, que nos permitiu melhorar e modernizar o nosso estilo de vida. No entanto, o actual consumo energético, compromete o bem-estar das gerações futuras, pois conduz ao esgotamento dos combustíveis e afecta o meio ambiente a uma escala mundial. A Comissão Europeia define o desenvolvimento sustentável, como sendo “*aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de gerações futuras atenderem suas próprias necessidades.*” [38]

No sector industrial, desde as crises energéticas dos anos setenta e oitenta, foram desencadeadas medidas de melhoramento tecnológico e de diversificação que melhoraram em grande medida a sua eficiência energética. No entanto, nos sectores dos transportes e construção, a eficiência energética não progrediu como seria desejável. Pelo que, é necessário que todos os cidadãos, como consumidores de energia, tenham consciência do seu valor e da importância de uma utilização eficiente.

Considerando o objecto de estudo, interessa ter presente que o vidro é feito a partir de sílica, de carbonato de sódio e de sulfatos (recursos não renováveis mas não escassos), por essa razão de momento ainda não se coloca em causa a sua produção. Contudo, o processo de fabrico consome uma grande quantidade de energia, libertando cerca de 2 kg de CO₂ por kg de vidro produzido [39], pelo que, prejudica o ambiente. Em parte, este consumo energético pode ser reduzido através da mistura de vidro quebrado (resultante do corte do vidro após a produção) no processo de produção e, até certo ponto, a partir de material reciclado (vidro já utilizado). E ao analisar a percentagem de massa de vidro na maioria dos edifícios relativamente aos restantes materiais, tais como, por exemplo o betão (principal material estrutural), verifica-se que é relativamente pequena. Assim sendo, o impacto ambiental do vidro é compensado pela sua importância na iluminação natural e no comportamento térmico.

Concluindo, as superfícies envidraçadas são um dos elementos decisivos no êxito ou fracasso da performance do edifício, relativamente ao desempenho energético do mesmo, o que exige que o modo como são introduzidas no projecto se realize de forma consciente e informada. Os dados e estudos actuais demonstram que a escolha de vidros adequados e de qualidade é muito importante, pois, é sinónimo de grandes poupanças no consumo de energia para aquecimento e arrefecimento dos edifícios. E considerando o crescente interesse por parte dos arquitectos em maximizar o uso do vidro, é fundamental que se aprofunde o conhecimento do mesmo. O Protótipo “VitroHouse” é um excelente exemplo da exploração dos limites da utilização do vidro na construção, tendo por base os critérios de uma construção sustentável.

2.3.1 PROTÓTIPO “VITROHOUSE”

Na sua maioria os estudos elaborados sobre a aplicação do vidro na construção, são geralmente indissociáveis da existência de elementos metálicos, para suporte e fixação. Contudo, importa referir que cada vez mais os avanços tecnológicos e as investigações procuram individualizar o uso do vidro. Um exemplo disso é o protótipo de uma casa de vidro [40], desenvolvido em 2005, pelo arquitecto Luis de Garrido com o apoio da Associação ANAVIF (“Asociación Nacional para la Vivienda del Futuro”) para a Construmat (Fig. 36), integrado na secção de Construção Sustentável, esta habitação é feita inteiramente em vidro.



Fig. 35: Imagem 3D do modelo VitroHouse [41].



Fig. 36: Construmat 2005 - Protótipo VitroHouse [41].

O protótipo inclui a construção de uma vivenda estruturada em três zonas (Fig. 35), com o total de 126 m², bem como dos seus espaços exteriores, no valor de 138.000 euros [40]. O objectivo era construir uma vivenda habitável, realizada inteiramente em vidro, incluindo a estrutura portante. Com a intenção de demonstrar todas as possibilidades do vidro na construção, todos os elementos da vivenda foram concebidos em vidro (incluindo pilares, vigas, coberturas, chaminés, solos, paredes, mobiliário, electrodomésticos, sanitários, complementos decorativos, etc.).

Foi utilizado o vidro como material estrutural, também com o intuito de definir padrões técnicos, um processo de cálculo estrutural e de dimensionamento com base unicamente em elementos de vidro.

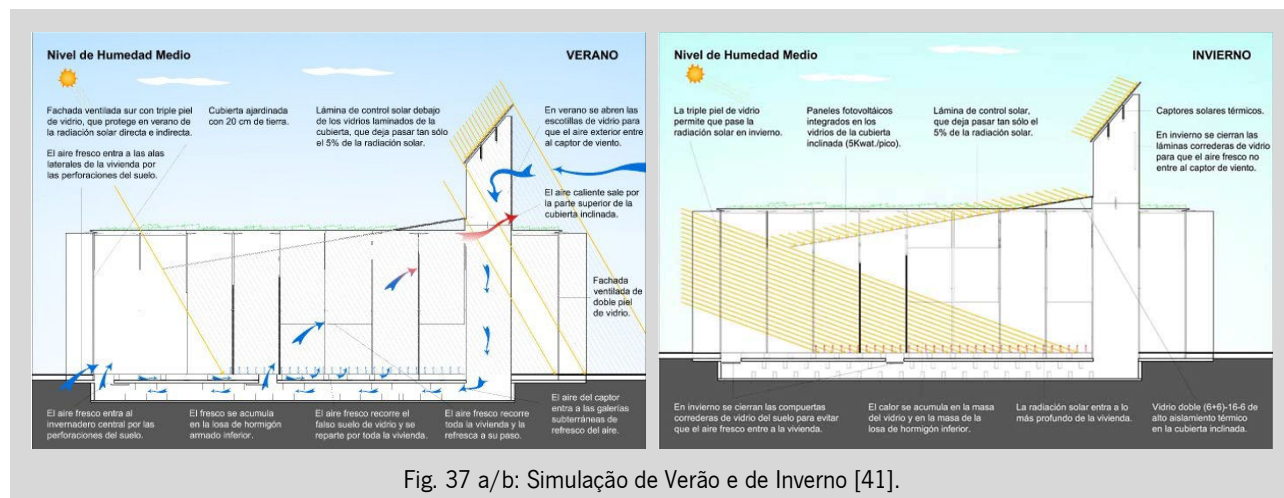


Fig. 37 a/b: Simulação de Verão e de Inverno [41].

Como modelo de vivenda sustentável (Fig. 37 a/b), a premissa básica era atingir o maior índice de sustentabilidade utilizando unicamente o vidro como material construtivo, um importante teste às presentes características e capacidades deste material. Isto, considerando que todos os elementos são prefabricados, de dimensões normalizadas e com um sistema de fixação à base de apoios e adesivos, sem nenhum tipo de feragens, testando a autonomia do vidro em relação à estrutura metálica, que quando pensamos em grandes aplicações do vidro, está sempre associada. E importa referir que todas as peças do protótipo foram reutilizadas após a sua construção e respectiva desmontagem, ou seja, foi tido em conta o ciclo de vida da construção, considerando a reutilização dos materiais.

Adicionalmente, tratava-se de conseguir uma habitação bioclimática. A estrutura bioclimática está presente na sua orientação, tipologia, sistema de aquecimento e arrefecimento, dupla pele de vidro, ventilação natural, efeito chaminé, etc. O protótipo também apresenta as premissas para conseguir soluções em vidro de alta eficiência energética, tais como: dupla parede de vidro, lâminas de protecção solar, vidros estruturais com serigrafia especial, isolamentos ecológicos, fachadas ventiladas, cobertura ajardinada, cobertura de água com ciclos circulares, entre outras. Assim como, pela integração de energias alternativas na habitação, demonstrando como se pode integrar de forma correcta colectores solares térmicos, fotovoltaicos e geradores eólicos.

Em simultâneo, é um exemplo de como as tecnologias multimédia e virtual podem interagir com o espaço físico arquitectónico e criar ou dissolver espaços mediante a projecção de imagens, vídeos, textos e sons em suportes transparentes e semitransparentes. Estão presentes as vantagens da tecnologia domótica de última geração. Outras características a destacar no projecto são o desenho singular; a estrutura funcional da vivenda; mobiliário; a cobertura ajardinada e cobertura em água com elevada inércia térmica; etc.

Concluindo, também dispõe de inovações sem precedentes, tais como, tela para a cobertura impermeabilizante com células fotovoltaicas; parede vertical de relva natural; sistema ecológico de condicionamento ambiental, com sistema de oxigenação, ionização, bactericida e com recuperação de calor; paredes de vidro transparentes iluminadas no seu interior com leds; iluminação com incorporação de novos materiais; mobiliário inteiramente realizado com vidro plano.

Assim sendo, quando falamos em construção sustentável e, na escolha e aplicação de fachadas de vidro é importante considerar todos os factores de forma a optimizar o uso do vidro. Ao avaliarmos o grau de sustentabilidade devemos fazê-lo, considerando três dimensões: ambiental, social e económica. Na sua correcta aplicação, deve-se procurar tirar o máximo partido das suas vantagens e considerar as suas desvantagens, para em termos funcionais e sociais (dimensão social) não colocar em causa o bem-estar e conforto dos seus utilizadores. Em termos ambientais, uma escolha e opção errada do tipo de vidro e respectivos tratamentos, etc., é sinónimo de maiores consumos de energia, pois um edifício correctamente projectado deveria conseguir, através de uma correcta localização, orientação e dimensionamento dos vãos, e respectivos materiais a aplicar, reduzir ao mínimo as necessidades de iluminação artificial, de aquecimento e de arrefecimento.

Num primeiro momento é importante referir que o arquitecto pode ajudar a reduzir o desperdício de vidro, considerando o desperdício entre o momento de produção e a colocação final do vidro na obra, através de um estudo criterioso das dimensões dos vidros a aplicar nos projectos, atentando para os tamanhos das chapas resultantes da produção, para que seja optimizado o seu aproveitamento.

Em termos económicos, é importante que os arquitectos que pretendam obter mais conhecimentos sobre fachadas de vidro, e tenham noções em termos percentuais da diferença de custos dos diferentes vidros e respectivos tratamentos, para conseguir obter a melhor relação entre custo/função, verificando assim em termos percentuais a opção mais eficaz, técnica e economicamente.

O vidro é um material tão comum que, muitas vezes, nem temos percepção do quanto está presente na nossa envolvente. Como material de construção, desempenha um papel fundamental na arquitectura, porque através da sua transparência é possível quase dissolver a qualidade material do edifício, permitindo o fechamento efectivo do espaço, e garantindo as necessidades humanas básicas de luz do dia.

Dada a sua importância, interessa compreender: O que é o vidro? E o que faz este material ter tantas aplicações e ser usado em larga escala?

O vidro é uma substância inorgânica, amorfa e fisicamente homogénea, obtida por resfriamento de uma massa em fusão que endurece pelo aumento contínuo da viscosidade até atingir a condição de rigidez, mas sem sofrer cristalização [42]. Este é definido por três qualidades especiais - isotropia³, solidez e pelo comportamento térmico - que dependem do seu estado.

3.1 PROPRIEDADES DO VIDRO

Como todos os materiais, o vidro absorve radiação. Contudo, isso é imperceptível ao olho humano, pelo que, o vidro parece permeável à luz. É um material denso, duro e frágil, resistente ao desgaste e com uma elevada resistência à compressão. Porque é tão frágil e a sua tensão de superfície⁴ assemelha-se à água, pode suportar pouca carga de tracção e flexão. Um factor decisivo é, portanto, a qualidade da superfície. Mesmo imediatamente após a produção, podem surgir falhas microscópicas na superfície, cuja importância não pode ser claramente avaliada sem um exame exaustivo.

Considerando, a propriedade de propagação das fissuras, mesmo que o vidro não esteja sujeito a nenhuma carga significativa, a quebra de um painel de vidro pode não estar relacionada com um elemento disparador. E curiosamente, até certo ponto, as elevadas tensões na superfície do vidro permitem-lhe fazer exactamente o oposto, como colmatar os danos da superfície. Todas estas propriedades significam que a probabilidade de

³ isotropia - característica de certos meios cujas propriedades físicas são as mesmas, qualquer que seja a direção em que forem medidas; isotropia óptica - característica de um meio quando o índice de refração é o mesmo em todas as direções. (Infopédia)

⁴ Tensão superficial – “É a propriedade que um líquido possui de manter as moléculas unidas na sua superfície, assemelhando-se a uma membrana elétrica(...). A tensão superficial pode ser definida como a força que atua sobre a superfície por unidade de comprimento da área perpendicular à força. A tensão superficial da água é muito forte, devido às pontes de hidrogénio intermoleculares, (...)”. (Infopédia)

falha deve ser tida em consideração quando se projecta um vidro para propósitos estruturais. E embora o vidro seja incombustível, a sua fragilidade significa que apenas pode suportar tensões térmicas menores. Só o vidro especial resistente ao fogo pode suportar diferenças de temperatura que excedam 80K (150K para o vidro temperado de segurança). E o vidro é resistente a quase todos os químicos com excepção de compostos agressivos como o ácido fluorídrico.

Geralmente, quando falamos de vidro, significa o conjunto de vidros de silicato, que respondem por cerca de 95% da produção total de vidro [43]. Sendo que, os vidros utilizados na construção têm uma composição sílico-sódico-cálcica. A sua composição e características mecânicas estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1: Composição Química do Vidro (adaptado de [44]) e Propriedades Mecânicas (adaptado de [45]).

Composição Química		
Areia de Silica	SiO ₂	69% - 74%
Cal	CaO	5% - 14%
Óxido de Sódio	Na ₂ O	10% - 16%
Magnésio	MgO	0% - 6%
Alumina	Al ₂ O ₃	0% - 6%
Outros		0% - 5%

Propriedade		Valor
Massa volúmica (ρ) a 18°C		2500 kg/m³
Temperatura de fusão		≈ 1500°C
Temperatura de amolecimento		≈ 600°C
Elasticidade	Módulo de elasticidade ⁵ (E)	70 GPa
	Coeficiente de Poisson ⁶ , ν	0,2
Resistência à rotura por flexão	vidro recozido	20 MPa
	Vidro termo-endurecido	35 MPa
	Vidro temperado termicamente	50 MPa
Resistência à compressão		1000 MPa
Comportamento térmico	Condutibilidade térmica (λ)	1 W/(m.K)
	Coeficiente de dilatação térmica linear (α)	9.10 ⁻⁶ m/m/K

3.2 O VIDRO NA CONSTRUÇÃO

O vidro usado na construção é geralmente produzido pelo processo do vidro “flutuado” (*float glass*). Este método desenvolvido pela Companhia Britânica Pilkington entre 1952/59, representa ainda o estado da arte na produção de vidros planos, pela qualidade excepcional da superfície, sem a necessidade de qualquer tratamento adicional. O chamado vidro comum, liso ou “flutuado” é obtido (Fig. 38) por meio de escoamento da massa de vidro sobre uma base de estanho líquida em ambiente controlado, em que, a mistura de vidro é mais leve e flutua à superfície, onde lentamente arrefece e solidifica. Durante este processo é lentamente retirado a partir do nível completo do banho. O fluxo de vidro derretido forma uma folha sem fim, que é imediatamente cortada ao comprimento de transporte de até 7,50 m.

⁵ Módulo de elasticidade - é um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um material sólido. É um parâmetro fundamental para a engenharia e aplicação de materiais pois está associado com a descrição de várias outras propriedades mecânicas, como por exemplo, a tensão de escoamento, a tensão de ruptura, a variação de temperatura crítica para a propagação de fissuras sob a acção de choque térmico, etc. (Wikipédia)

⁶ Coeficiente de Poisson - mede a deformação transversal (em relação à direção longitudinal de aplicação da carga) de um material homogêneo e isotrópico. (Wikipédia)

primeiramente, determinado pelos processos de transporte [43]. Contudo são possíveis comprimentos superiores, mas tais dimensões implicam componentes feitos sob encomenda, o que pode envolver custos mais elevados. Sendo assim, o processamento do vidro inclui o processamento das bordas, o tratamento térmico e a modificação da superfície do vidro de várias formas.

3.3.1 BORDAS DO VIDRO

O corte do vidro introduz danos nas bordas, sendo necessário o processamento posterior para quase todas as aplicações. Isto é, de forma a eliminar as irregularidades e imperfeições causadas pelo corte, sendo que, representam uma fraqueza, pois são responsáveis por tensões nessa zona, que podem ser consideravelmente reduzidas.

Os furos e recortes do vidro, por exemplo, para a posterior fixação por pontos, são produzidos com broca de diamante com ponta oca, trabalhando de ambos os lados, ou com jactos de água. As arestas resultantes destes furos também devem ser trabalhadas, tal como as bordas resultantes do corte, representam uma fraqueza do painel de vidro. E como essas fixações são pontos de transferência de carga, estão especialmente sujeitos a tensões elevadas.

Concluindo, para facilitar o manuseamento do vidro, minimizando os riscos de corte, e para melhorar a resistência do vidro, geralmente as bordas dos vidros são sujeitas a um tratamento (Fig. 39), no qual:

- as arestas são eliminadas (arestas abatidas);
- arestas e o bordo são roçados, podendo ser visíveis algumas irregularidades no bordo (bordo roçado);
- as arestas são abatidas, o bordo roçado e alisado, deixando o bordo sem irregularidades (bordo roçado sem irregularidades);
- o bordo roçado sem irregularidades é polido de forma a obter brilho no bordo tratado (bordo polido);

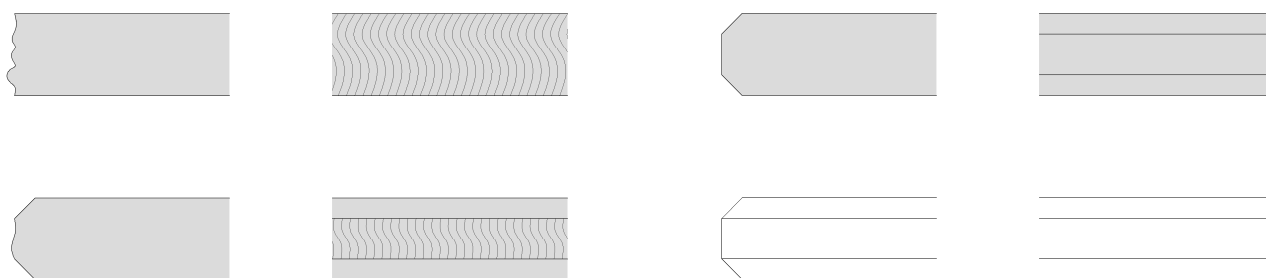


Fig. 39: Diagramas esquemáticos de formas da borda (adaptado de [43]).

Além dos acabamentos das bordas referidos, estes podem ter outras formas, de acordo com a finalidade pretendida podem ser arredondados, inclinados ou biselados. Sendo que, os bordos de vidro à vista devem ser roçados sem irregularidades ou polidos. E nos vidros laminados o tratamento das arestas deve ser realizado em cada folha de vidro individualmente, antes de serem coladas.

3.3.2 PRODUTOS DO VIDRO

Actualmente, existe uma grande variedade de tipos de vidro, de acordo com a constituição e tratamentos, pelo que, é importante saber quais as suas características principais e em que situações devem ser empregues. São apresentados na tabela seguinte alguns exemplos, considerando o tipo de vidro e respectiva composição, efeito e utilização.

Tabela 2: Tipos seleccionados de vidro e seus usos (adaptado de [47]).

Tipo de vidro	Alteração na composição	Efeito	Utilização
Vidro Borosilicato	Adicionado óxido de bórico	Resistente ao calor	Vidro à prova de fogo
Vidro Quartzo	Adicionado dióxido de silício	Resistente ao calor, elevada transmissão	Sistemas de ganho de energia
Vidro de Chumbo	Adicionado bióxido de chumbo	Elevada refração da luz	Vidro decorativo
Vidro Transparente	Adicionado óxido de ferro	Vidro especialmente neutro à cor	Fachadas
Vidro Colorido	Adicionado óxido de ferro	Coloração verde para azul	Vidro decorativo
	Adicionado óxido de cromo	Coloração verde claro	
	Adicionado óxido de cobre	Coloração vermelha	
	Adicionado óxido de cobalto	Coloração azul escuro	
	Adicionado óxido de prata	Coloração amarela	

Antes de ser usado na construção, o vidro é frequentemente sujeito a tratamentos térmicos ou laminação. Estas soluções para o vidro evoluíram segundo duas preocupações, que configuram duas estratégias diferentes: (1) reduzir os riscos estatísticos de quebra por sobreposição de peças; (2) procuram obter maiores resistências para o mesmo material, mantendo comprimidas as fissuras. Nesse sentido, os vidros mais utilizados e comuns, na indústria da construção são: o recozido, o temperado, o termo-endurecido e o laminado.

3.3.2.1 VIDRO RECOZIDO

O vidro recozido (*annealed glass*), obtém-se sujeitando o vidro comum a um arrefecimento lento e controlado (recozimento), que liberta as tensões residuais que possam existir, facilitando posteriores operações de manufactura. Não é um vidro temperado, nem termo-endurecido, apresenta uma tensão de rotura de 41 MPa, e as roturas podem ocorrer para diferenças de temperatura de cerca de 30°C. Quebra em estilhaços pontiagudos e cortantes (Fig. 41a), e pode ser cortado e furado posteriormente.

3.3.2.2 VIDRO TEMPERADO TERMICAMENTE

O vidro temperado (*toughened glass*) termicamente consiste num vidro comum que foi submetido a um tratamento térmico, de forma a aumentar a sua resistência mecânica e a alterar a dimensão dos fragmentos em caso de quebra. No tratamento térmico, o vidro é aquecido num forno de têmpera, horizontal ou vertical, a uma temperatura na ordem dos 600° a 650°C e, posteriormente é submetido a um arrefecimento brusco com jactos de ar, de forma a provocar um choque térmico, originando assim, um aumento da resistência por compactação das camadas superficiais.

O arrefecimento brusco permite introduzir tensões de compressão na zona superficial do vidro (20% da sua espessura), ficando a zona central (60% da espessura) com tensões de tracção (Fig. 40). São as tensões de compressão na zona superficial do vidro que permitem desenvolver a resistência do vidro às tensões de origem térmica ou mecânica. Na norma EN 12150⁷ é indicada uma tensão de rotura de 125 MPa para o vidro temperado termicamente, muito superior à do vidro recozido que apresenta uma tensão de rotura de 41 MPa. Esse incremento substancial da resistência em relação ao produto de base está patente também na resistência ao choque mecânico.

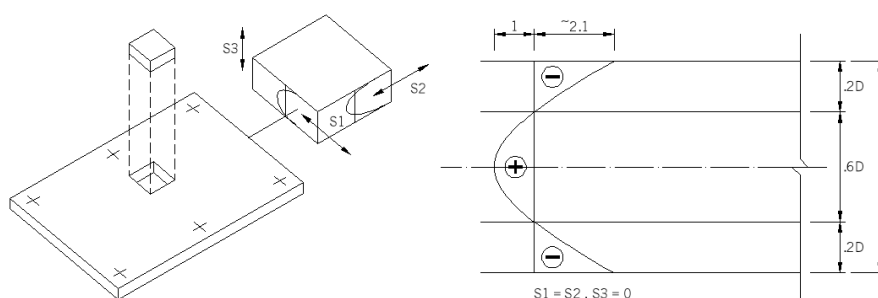


Fig. 40: Diagrama de tensões num vidro temperado (adaptado de [48]).

Atendendo às suas características, o vidro temperado não admite por tensões internas, nenhuma transformação posterior, ou seja, são peças confeccionadas à medida que se temperam quando estão completamente elaboradas. No entanto, a compressão da sua superfície torna-o muito apropriado para fixações mais arrojadas, reduzindo o tamanho das fixações e das suas áreas de contacto com o vidro. O vidro temperado assumirá com facilidade tensões superficiais muito superiores às que podem exigir-se à superfície do vidro comum. Nesta particularidade se baseiam os mais modernos sistemas de fixações pontuais.

Em caso de rotura, as tensões acumuladas no vidro temperado fazem com que quando se rompe o faça em pedaços de pequena dimensão, que normalmente, são menos perigosos que os fragmentos de um vidro comum. No entanto, a queda de uma altura elevada desses fragmentos constitui uma grave ameaça e,

⁷ EN 12150 - Glass in building. Thermally toughened soda lime silicate safety glass (Vidro na construção. Vidro de segurança de silicato sodo cálcico temperado termicamente).

salienta-se que devido às tensões de compressão, podem ainda cair pedaços de vidro agregados de dimensão significativa.

Como consequência do processo de têmpera do vidro, este não é tão plano quanto o vidro recozido, adicionalmente, as tensões de compressão na superfície do vidro transformam a sua micro estrutura e as propriedades de reflexão da luz natural, podendo ser visíveis alterações de cor (flor de têmpera), que segundo a legislação não são consideradas um defeito de têmpera.

Na massa de vidro podem existir impurezas, nomeadamente sulfuretos de níquel (NiS), que submetidos ao arrefecimento brusco do vidro no processo de têmpera e, posteriormente, ao aquecer-se acima de certas temperaturas, não muito elevadas, vibra, originando tensões pontuais nos vidros temperados, ocasionando a sua ruptura espontânea. Para evitar este fenómeno, conhecido desde 1961 [49], e minimizar o risco de rotura espontânea do vidro temperado devido às inclusões de NiS, os vidros devem ser submetidos ao chamado Heat Soak Test⁸ (HST). No tratamento/teste Heat Soak, a prova consiste em introduzir o vidro temperado numa câmara preparada para elevar a temperatura do ar, gradualmente durante 5 horas, até alcançar quase 300 °C, manter essa temperatura de 6 a 8 horas e, depois, começar a diminuí-la em mais 12 horas. Dessa forma, será activada a reacção de mudança dos NiS e, consequentemente, provocada a rotura precoce dos vidros com inclusões de NiS críticas.

Considerando que o HST encarece o custo do vidro, pois deve ser realizado em todos os vidros fornecidos, e que as roturas causadas pelas inclusões de Sulfuretos de Níquel podem não ser muito significativas (de acordo com a norma NP EN 14179-1⁹ é previsível uma rotura por cada 400 t de vidro temperado), este é um teste que nem sempre é realizado. Pelo que, em função da utilização do vidro temperado, deveria ser avaliada a necessidade da realização do teste. Sendo sempre aconselhável a realização do HST, este é imprescindível quando a aplicação do vidro é feita sem caixilho e quando a sua substituição seja complexa, demorada e consequentemente de elevado custo, por exemplo, em fachadas com vidros exteriores colados (VEC) ou fixos pontualmente (VEA).

Concluindo, com o tratamento térmico obtemos um vidro com uma resistência mecânica e resistência ao choque térmico muito superior, capaz de suportar gradientes de temperaturas até 200°C. E que quebra em pequenos estilhaços com os bordos pouco cortantes (Fig. 41c), pelo que, é considerado um vidro de segurança para inúmeras aplicações.

⁸ (designação inglesa) Tratamento térmico complementar da têmpera, destinado a eliminar os vidros que apresentam risco de rotura espontânea e aleatória do vidro temperado termicamente.

⁹ NP EN 14179-1:2008 - Vidro na construção. Vidro de segurança de silicato sodo cálcico temperado termicamente e tratado heat soak. Parte 1: Definição e descrição.

3.3.2.3 VIDRO TEMPERADO QUIMICAMENTE

Para além do processo de têmpera aplicado por calor, anteriormente descrito, existe a possibilidade de obter vidro temperado através de processos químicos. Estes consistem na substituição, à superfície do vidro, de iões de sódio por iões de potássio, que são substancialmente maiores. Contudo, este processo só afecta uma pequena espessura do vidro, pelo que, pode não ser eficaz, caso a fenda existente na superfície do vidro seja mais profunda que a espessura submetida ao tratamento.

A vantagem da têmpera química é que, para além da elevada resistência mecânica (350 MPa), ao contrário do vidro temperado termicamente, permite o corte e a perfuração posterior do painel. No entanto, trata-se de um processo muito caro, pelo que, tem ainda uma reduzida aplicação na construção, sendo utilizado essencialmente na indústria aeronáutica.

3.3.2.4 VIDRO TERMO-ENDURECIDO

O Vidro termo-endurecido (*heat-strengthened glass* - EN 1863¹⁰) foi desenvolvido pela indústria para dar resposta aos problemas associados à rotura espontânea do vidro temperado e à necessidade de obter vidros com elevada resistência ao choque térmico. E obtém-se por um processo idêntico ao do vidro temperado, mas com um arrefecimento mais lento, do qual resulta um vidro duas vezes mais resistente que um comum da mesma espessura e com tensões de compressão na zona superficial de sensivelmente 30 a 60 MPa. Deste modo, reduz-se o risco de inclusões críticas de NiS, pelo que, conseqüentemente dispensa-se a realização do Heat Soak Test, e é obtido um vidro com resistência mecânica superior ao vidro recozido, que resiste a diferenças de temperatura de 100°C.

À semelhança do vidro temperado, devido ao estado de compressão das superfícies, este vidro pode apresentar as mesmas interferências na reflexão da luz, bem como o corte e acabamento do vidro devem ser realizados antes do tratamento de termo-endurecimento, pois não pode ser cortado ou perfurado após o mesmo.

A rotura do vidro termo-endurecido (Fig. 41b) assemelha-se à do vidro recozido, devido ao facto de as tensões internas instaladas no vidro serem menores, pelo que, pode causar ferimentos graves nas pessoas, logo não é considerado um vidro de segurança.

¹⁰ EN 1863 (todas as partes) - Glass in building. Heat strengthened soda lime silicate glass.

3.3.2.5 VIDRO LAMINADO

O Vidro laminado (*laminated glass*) é constituído por duas ou mais lâminas de vidro, submetidas a um processo de laminação, que consiste na sua união através de uma película. A película intercalar pode ser constituída por uma ou mais folhas de material sintético, resina ou gel, e tem como principal função unir as duas ou mais lâminas de vidro. A película mais comum é a de Polivinil Butiral (PVB), que filtra cerca de 99,6% dos raios ultravioletas, contudo, para aumentar a resistência ao impacto começa a ser comum a produção de vidro laminado em que a(s) camada(s) interior(es) são poliméricas - poliamida, policarbonato, etc..

O vidro laminado com intercalar de Polivinil Butiral (PVB) é designado por dois algarismos que indicam as espessuras das folhas de vidro que o compõem, seguidos por um ponto e um algarismo a indicar o número de filmes de PVB entre as folhas de vidro. A espessura do filme de PVB é de 0,38 mm. Por exemplo, um vidro laminado 66.2 representa duas chapas de vidro de 6 mm coladas por dois filmes de PVB. À lâmina intercalar podem ser exigidas várias funções, tais como, prevenir a queda de fragmentos de vidro, melhorar o isolamento sonoro, a segurança contra incêndio, etc.

Não sendo concebido para alcançar maiores resistências mecânicas, pois, à mesma espessura a capacidade total do vidro laminado é inferior à do vidro formado por uma só lâmina. Sendo que, a deformação das lâminas sobrepostas faz com que as diversas camadas não trabalhem de maneira totalmente solidária. A sua principal vantagem, do ponto de vista prático, consiste em que a sobreposição de várias lâminas reduz a probabilidade de que ambas quebrem em simultâneo. E em caso de rotura de uma das folhas não provocará danos, porque a folha, ou folhas, ainda intacta(s) sustenta(m) a que quebrou. Mesmo com todas as folhas fragmentadas, a colaboração entre os fragmentos e a película intercalar, será suficiente para evitar o desprendimento das peças.



Fig. 41 – Imagens com o comportamento pós-fractura de diferentes tipos de vidro (adaptado de [50]).

Assim sendo, é possível depositar mais confiança na utilização do vidro, sendo no momento, a solução mais segura para abordar o uso estrutural de um material caracteristicamente frágil. Pois, o vidro laminado permanecerá no seu lugar ainda que tenham quebrado as lâminas que o formam, sem produzir danos, assegurando o tempo necessário para a sua substituição. E é conveniente proteger os cantos do vidro laminado para

impedir o envelhecimento da película intercalar e os seus adesivos pela exposição directa ao exterior. Sendo a sua qualificação guiada pelas normas NP EN ISO 12543¹¹ e NP EN 14449¹² [45].

A combinação de vidro “flutuado”, bem como de vidros tratados termicamente, tais como, os temperados ou termo-endurecidos, permite desenvolver as suas propriedades base e criar vidros especiais, para funções específicas de segurança, isolamento acústico, protecção contra o fogo e ainda mais possibilidades de trabalhar o seu aspecto visual. É então possível obter:

- o vidro laminado de segurança pela ligação de até seis painéis com filme de Polivinil Butiral (PVB). As aplicações variam de envidraçados com capacidade de carga a resistentes à bala dependendo da sua espessura.
- o vidro resistente ao fogo através de uma camada de gel aquoso como camada intercalar em vez do filme de PVB. Sendo que, a subida de temperatura transforma o gel em espuma, o que o torna opaco e, portanto, capaz de absorver a radiação de calor.
- outro aspecto visual do vidro substituindo o filme intercalado de PVB por, por exemplo, um filme de polietileno impresso. São possíveis impressões de elevada qualidade em qualquer cor e intensidade do transparente ao opaco. Esta técnica é limitada apenas pela largura do filme disponível. A resina fundida representa uma alternativa para unir os painéis.

Contudo, existem outros vidros que respondem a situações mais específicas, e que representam uma evolução dos vidros previamente apresentados, tais como: vidro aramado, curvo, isolante, de baixa emissividade, de auto limpeza, reflectivo, pirolítico ou espelhado, serigrafado, colorido, de anti-reflexo, etc.. Os respectivos tratamentos e revestimentos são apresentados no ponto seguinte.

3.3.3 TRATAMENTO / REVESTIMENTO DA SUPERFÍCIE

O tratamento das superfícies pode resultar de razões puramente estéticas, mas a adição de um revestimento à superfície do vidro também pode mudar as suas propriedades. Os vidros com revestimento superficial são obtidos pela deposição na superfície de compostos destinados a alterar as propriedades base do vidro, tais como, o factor solar¹³, transmissão de luz, cor ou emitância¹⁴.

¹¹ NP EN ISO 12543 (todas as partes) - Vidro na construção. Vidro laminado e vidro laminado de segurança.

¹² NP EN 14449:2008 - Vidro na construção. Vidro laminado e vidro laminado de segurança. Avaliação da conformidade/Norma de produto.

¹³ O Factor Solar de um vidro é o quociente entre a energia solar transmitida através do vidro para o interior e a energia solar nele incidente. (RCCTE – DL 80/2006)

Habitualmente o revestimento é aplicado numa das superfícies da chapa vidro e de acordo com o processo de aplicação definido. O vidro revestido é avaliado de acordo com a norma NP EN 1096, que define, entre outros, o método de deposição do revestimento e quais os vidros que poderão ser utilizados para a produção de vidro revestido (Tabela 3).

Tabela 3: Tipos de vidro utilizados como substrato para a produção do vidro revestido [51].

Tipo de vidro	Referência
Produtos básicos de vidro de silicato soda cálcico	EN 572-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Produtos básicos especiais de vidro	EN 1748-1-1, EN 1748-2-1
Produtos de vidro de silicato alcalino-terroso	EN 14178-1
Vidro de segurança de silicato soda cálcico temperado termicamente	EN 12150-1
Vidro de segurança de silicato soda cálcico temperado termicamente e estabilizado termicamente (heat soak test)	prEN 14179-1
Vidro de segurança borossilicatado termicamente temperado	EN 13024-1
Vidro de segurança de silicato alcalino terroso termicamente temperado	prEN 14321-1
Vidro de segurança de silicato soda cálcico endurecido termicamente	EN 1863-1
Vidro de silicato soda cálcico endurecido quimicamente	EN 12337-1
Vidro laminado e vidro laminado de segurança	EN ISO 12543-1

NOTA: Certos vidros revestidos podem ser temperados ou endurecidos. Estes produtos finais deverão estar em conformidade com a norma de produto adequada, por exemplo, EN 12150, EN 1863, etc., e o desempenho do vidro revestido deverá ser determinado no produto final.

Os produtos base do vidro plano, particularmente, o vidro “flutuado” com a sua elevada qualidade óptica, representam o ponto de partida para a maioria dos vidros tratados posteriormente. De acordo com o tratamento em questão este pode ser realizado em diferentes etapas. Seguidamente, são referidos alguns exemplos, no sentido de apresentar várias possibilidades de revestimento, quanto ao tipo, objectivo e função pelo qual é aplicado.

3.3.3.1 ESMALTAGEM

O esmalte é um pó de vidro colorido que pode ser misturado no vidro a aproximadamente 700°C. Isso permite a produção de superfícies coloridas que, dependendo da espessura do esmalte, pode variar de translúcida a opaca. Qualquer tipo de padrão, sinal, etc., pode ser produzido como exigido. A temperatura aumenta durante o processo de esmaltagem, o que cria um pré-esforço no vidro semelhante ao do vidro temperado de segurança.

¹⁴ Emitância – (Física) resultado da divisão do poder de irradiação (watts) de uma superfície emissora de luz pela área desta superfície (m²). (Infopédia)

3.3.3.2 PROCESSOS DE OBSCURECIMENTO

Os tratamentos mecânicos utilizados são a trituração ou o jacto de areia na superfície do vidro. Após este tratamento o vidro não é mais transparente e tem uma aparência mate. Certas áreas podem ser mascaradas, a fim de criar padrões. O condicionamento com ácido fluorídrico tem um efeito semelhante, mas as superfícies tratadas desta forma não atraem tanta poeira e sujidade.

3.3.3.3 SERIGRAFIA

A serigrafia é usada para criar superfícies transparentes, coloridas e qualquer forma de decoração. No processo de serigrafia do vidro é feita a aplicação de uma tinta vitrificada numa das faces do painel que, posteriormente, passa por um forno de têmpera onde, através das altas temperaturas, os pigmentos cerâmicos passam a fazer parte dele. No final, obtêm-se um vidro temperado com textura extremamente resistente.

3.3.3.4 REVESTIMENTOS DE EFEITO ÓPTICO

O revestimento anti-reflexo reduz a reflexão da superfície do vidro. Existem duas formas de o fazer. Num método, são aplicadas no vidro várias camadas finas para cancelar a radiação reflectida por meio de interferência. Em outro método, estruturas microscópicas em relevo, em uma camada de material sintético, reduzem o índice de refração do vidro. Em contraste com o primeiro método, tais superfícies microscópicas funcionam particularmente bem em ângulos de incidência rasos. E a energia solar total incidente é capaz de passar através do vidro.

Os revestimentos metálicos, quebram a luz recebida na superfície do vidro e permitem ao painel brilhar em várias cores, com base nos efeitos de interferência.

3.4 VIDROS PARA REQUERIMENTOS ESPECIAIS

3.4.1 VIDRO ISOLANTE

O vidro isolante, comumente chamado de vidro duplo, surge como resposta a uma necessidade crescente de melhorar as propriedades de isolamento térmico e sonoro dos envidraçados. Consiste em, pelo menos, dois painéis de vidro em ambos os lados de um espaço de ar, ou de uma camada isolante de gás, ou vácuo, selados hermeticamente nas bordas (Fig. 42). Sendo que, uma nova divisão da cavidade entre os painéis, por meio de painéis de vidro extra ou filmes de separação, pode melhorar ainda mais as propriedades de isolamento do envidraçado.

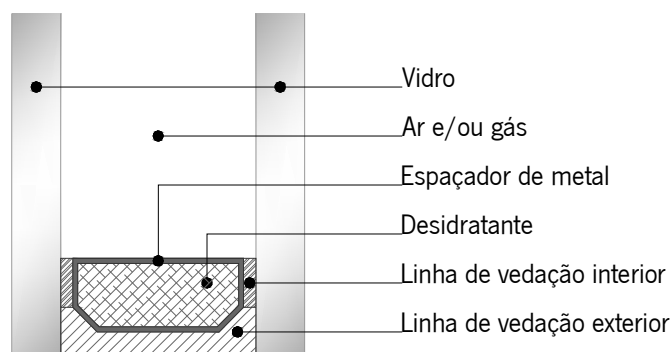


Fig. 42: Selagem de um vidro duplo [45].

A cavidade tem geralmente entre 8 e 20 mm de largura e a sua selagem é realizada através de um selante hermético na borda, que deve ser concebido de acordo com os requisitos do gás de enchimento. Normalmente, a selagem é constituída por: um espaçador de metal, que define as distâncias entre os painéis de vidro; duas linhas de vedação (interior e exterior), para limitar a penetração de humidade e vapor de água; e um desidratante introduzido no espaçador, destinado a absorver a humidade que, eventualmente, se venha a infiltrar. Ao considerarmos a certificação do vidro isolante, que garante a conformidade de vários aspectos de fabrico, nomeadamente, a durabilidade da selagem do vidro é regida pela norma NP EN 1279¹⁵. Além disso, para assegurar a durabilidade dos vidros duplos em obra, deve também ser assegurado um correcto manuseamento, transporte e montagem.

Concluindo, os vidros duplos usualmente são designados pela espessura dos vários elementos que o compõem do exterior para o interior, por exemplo 6-16-4, representa um vidro exterior de 6 mm, cavidade de 16 mm e um vidro interior de 4 mm [45].

3.4.1.1 VIDRO DE ISOLAMENTO TÉRMICO

Em comparação com o vidro simples, o vidro isolante atinge valores de isolamento térmico substancialmente melhores. Devido, aos recentes desenvolvimentos nas características que o definem, tais como, o tipo de enchimento da cavidade ou a presença de vácuo e, o revestimento dos painéis, este tornou-se ainda mais eficiente.

ENCHIMENTO DE GÁS

O enchimento com gases nobres, tais como, árgon, xénon ou cripton, comparando com o ar melhora o isolamento térmico (baixando os valores de U). Pois, gases tão pesados reduzem os efeitos de convecção e

¹⁵ NP EN 1279-1/2/3/4/5/6 - Vidro na construção. Envidraçados isolantes prefabricados selados.

transmissão na cavidade. E embora o xénon e o cripton apresentem melhores propriedades térmicas, o árgon é o mais usado devido à sua disponibilidade imediata e ao processo de produção mais simples (Tabela 4).

Tabela 4: Dados Técnicos de várias unidades de vidros isolantes.

Vidro float incolor (produto de base para o fabrico de outros vidros transformados)								
Dimensões (painel-cavidade-painel) [mm]	Vidro duplo, 4-10-4				Vidro triplo, 4-10-4-10-4			
Preenchimento da Cavidade (concentração de gás $\geq 85\%$)	Ar	Argon	Krypton	Xenon	Ar	Argon	Krypton	Xenon
Valor de U [W/(m ² .K)]	2,99	2,82	2,64	2,60	1,99	1,84	1,68	1,62

VÁCUO NA CAVIDADE

A presença de vácuo na cavidade permite atingir níveis de redução da condução de calor ainda maiores. Para tal é necessário criar vácuo de 10^{-3} bar na cavidade [52]. O efeito de isolamento do vácuo não depende do espaçamento entre painéis, o que torna possível cavidades inferiores a 1 mm de largura. Contudo, uma das consequências, devido à inexistência de pressão interna entre os painéis devido ao vácuo, estes podem deslocar-se para dentro, pelo que, são necessários espaçadores para evitar de se tocarem e, consequentemente, negar o efeito isolante.

REVESTIMENTOS

Os revestimentos metálicos de prata ou titânio influenciam a reflectividade e o comportamento de absorção do vidro. O objectivo é reflectir a maioria da radiação de infravermelhos, que é reemitida para fora do edifício. Tais revestimentos reduzem a emissividade e são, em princípio, adequados para controlo solar e fins de isolamento térmico.

Existem três formas de aplicar tais revestimentos. No método “online” uma camada de óxido de metal é aplicada sobre a superfície quente do vidro durante o processo de produção. O processo “offline” (incluindo pulverização catódica) envolve o revestimento do painel de vidro acabado. Um revestimento produzido dessa forma é menos durável que um revestimento “online” e é, portanto, imediatamente incorporado numa unidade de produção de vidro isolante. O método de deposição física de vapor (PVD) permite ao material de revestimento condensar-se no vidro.

O vidro de absorção de calor revestido com prata, é conhecido como vidro de baixa emissividade (low-e) e representam o estado actual da arte. Hoje em dia, tais vidros podem ser produzidos praticamente sem cor. Um revestimento de baixa emissividade pode reduzir o valor de U de um painel de vidro de 3.0 para 1.6 W/(m².K). Como a posição do revestimento influencia o efeito do vidro isolante, as unidades de vidro devem ser devidamente sinalizadas para garantir que são instaladas correctamente.

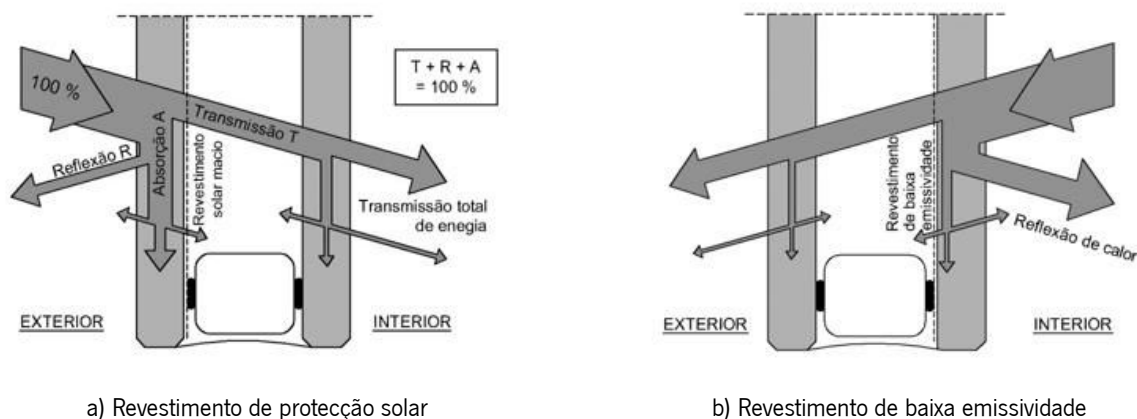


Fig. 43 a/b: Princípios de funcionamento e mecanismos de transferência de calor em vidros duplos [50].

3.4.1.2 VIDRO DE CONTROLO SOLAR

Um revestimento refletivo no painel exterior pode diminuir consideravelmente o valor de U , melhorar a transmissão de energia e, conseqüentemente, contribuir para controlar a quantidade de radiação solar que entra no edifício. O tipo de reflexão pode variar de espelhamento simples a revestimento seletivo (ex. Revestimento de baixa emissividade inverso).

REVESTIMENTO SELECTIVO DO ÂNGULO

Os revestimentos metálicos com um comportamento óptico de refração dependente do ângulo representam um novo desenvolvimento. Uma estrutura prismática microscopicamente pequena refracta a luz recebida, dependendo do ângulo de incidência. Tais revestimentos evitam o reflexo solar, mas devem ser produzidos especificamente para o local e correspondente ângulo de incidência.

VIDROS ADAPTÁVEIS

Revestimentos variáveis estarão disponíveis para aplicação no futuro, particularmente para fachadas “inteligentes”. Estes revestimentos mudam – ou automaticamente ou usando controlos adequados – de permeável à luz e radiação a uma deflexão da luz, sombreamento ou estado de reflexão.

ENCAIXES NA CAVIDADE

Os vidros em encaixes rígidos ou móveis na cavidade entre os painéis podem satisfazer outras exigências com respeito ao isolamento térmico, de sombreamento e estética. No entanto, deve-se lembrar que as condições de pressão externa durante certo tipo de tempo podem provocar a deslocação dos painéis. É, portanto, necessário garantir espaço suficiente entre os encaixes e o vidro.

REDIRECCIONAMENTO DA LUZ, PROTECÇÃO SOLAR, DISPOSIÇÃO ANTI-REFLEXO

Rígidas ou móveis, com accionamento eléctrico ou mecânico, as persianas de alumínio podem ser montadas na cavidade. Com a superfície optimizada para redireccionar a luz; por exemplo, as grelhas rígidas reflexivas são muitas vezes de forma triangular, com cada lado tendo uma forma côncava. A luz recebida não causa reflexo desde que a geometria tenha sido escolhida correctamente; no entanto, já não é possível uma visão desobstruída através da janela em qualquer direcção. As retro-persianas (grelhas) são muito pequenas e, graças à sua geometria engenhosa, permitem uma boa visão através da janela, alcançar características de um bom redireccionamento da luz, mas também fornecer sombreamento.

Além de sistemas móveis e rígidos na cavidade, também é possível instalar qualquer material cujo grau de perfuração determina a transmissão de energia e a vista através da janela. As possibilidades são quase ilimitadas: chapas perfuradas, malhas metálicas, folhas de madeira, etc.

3.4.1.3 VIDRO DE ISOLAMENTO ACÚSTICO

Os gases pesados, tais como, argon e cripton, também melhoram as propriedades de isolamento acústico de vidros isolantes em comparação com um enchimento de ar. Os seguintes parâmetros também podem melhorar o isolamento acústico:

- Painéis pesados (elevada inércia);
- Painéis de diferentes espessuras (para evitar efeitos de ressonância);
- Inclusão de filmes de PVB (princípio massa-mola-massa);
- Cavidade ampla.

3.5 LEGISLAÇÃO

O acto de projectar e a respectiva prescrição dos materiais é, actualmente, indissociável da legislação que lhe corresponde. Nesse sentido, interessa apresentar as exigências da legislação aplicadas ao tema. De um modo geral todos os tipos de vidro são abrangidos por legislação, que está dividida em quatro grandes temas, desde a regulamentação térmica, de incêndio, de segurança e, consequentemente, a marcação CE.

Na análise da legislação relativa à colocação de vidros em fachadas, é possível concluir que, em Portugal, a regulamentação existente responde essencialmente às necessidades de isolamento térmico e acústico, assim como, de protecção contra incêndio dos edifícios. Contudo, a nível internacional existe vários regulamentos, que controlam desde a qualidade da produção aos tratamentos do vidro e, posterior fixação e aplicação (lista

de normas – Anexo C). Pelo que, são as Normas Europeias (EN) que regem a actividade vidreira, porém gradualmente, as normas aplicáveis à tecnologia do vidro plano têm sido adaptadas à legislação nacional - Normas Portuguesas (NP).

O vidro para construção deve cumprir a legislação em vigor, permitindo que as obras cumpram as exigências essenciais especificadas na Directiva dos Produtos da Construção (DPC), actualmente transposta para a ordem jurídica portuguesa pelo Decreto-Lei n.º 4/2007, de 8 de Janeiro. A DPC estabelece que, para serem colocados no mercado, os produtos de construção destinados a ser permanentemente incorporados numa obra, incluindo as obras de construção civil e de engenharia civil, devem estar aptos ao uso a que se destinam. Segundo a directiva, os vidros são sujeitos às seguintes exigências:

- Resistência mecânica;
- Segurança em caso de incêndio, pois em casos específicos os vidros devem apresentar características de resistência ao fogo;
- Higiene, saúde e protecção do ambiente, no sentido em que, não devem emitir substâncias nefastas para o ambiente e devem garantir a salubridade dos espaços;
- Segurança na utilização, considerando que, o vidro deve estar em perfeitas condições e resistir às acções do vento e à rotura por choque térmico, sem apresentar risco para a segurança das pessoas;
- Protecção contra o ruído, de forma a satisfazer as exigências de isolamento sonoro das construções;
- Isolamento térmico e economia de energia, quando necessário, o vidro deve permitir minimizar as perdas térmicas no Inverno, os ganhos de calor no Verão e assegurar a admissão da luz natural;

Estas exigências devem ser satisfeitas durante um prazo economicamente razoável, pelo que, temos uma exigência adicional de durabilidade [45].

A regulamentação térmica é regida pela Directiva Europeia 2002/91/CE do Conselho de 16 de Dezembro de 2002, transposta para a ordem jurídica portuguesa pelos Decretos-Lei n.º 80 e 79, de 4 de Abril de 2006, que vieram actualizar os regulamentos: RCCTE e RSECE. A revisão do RCCTE (orientado para sector da habitação) e do RSECE (orientado para sector dos edificios de serviços) veio introduzir maiores níveis de exigência no desempenho energético nas obras de construção civil e em consequência na selecção dos vidros a aplicar. E são igualmente adoptadas as convergências entre a Directiva e as Normas Europeias, como por exemplo a EN ISO 13790¹⁶.

¹⁶ EN ISO 13790:2008 (Ed. 2) - Energy performance of buildings. Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008).

Entres as diferentes medidas para garantir a segurança das pessoas em caso de incêndio, é necessário garantir a escolha correcta dos materiais a utilizar na construção, considerando o seu comportamento na presença de fogo. O vidro é classificado segundo a norma EN 357¹⁷, sendo que, é um material incombustível e, quanto à sua resistência ao fogo, normalmente, apresenta a categoria de pára-chamas (PC¹⁸) e, nalguns casos a de corta-fogo (CF¹⁹).

Concluindo, são as normas europeias que garantem a respectiva Marcação CE que, entre outros aspectos, assegura a conformidade dimensional e as características de desempenho mecânico. Sendo que, a aplicação do vidro em caixilhos ou fachadas deve ser avaliada como um conjunto, de forma a comprovar a adequação do sistema de fixação do vidro. E nos sistemas de fachada inovadores para assegurar o cumprimento dos requisitos de desempenho e durabilidade, de acordo com a legislação em vigor, deve ser realizada uma avaliação da viabilidade técnica de utilização do sistema.

¹⁷ EN 357:2004 (Ed. 2) - Glass in building. Fire resistant glazed elements with transparent or translucent glass products. Classification of fire resistance (Vidro na construção. Elementos de vidro resistentes ao fogo com produtos de vidro transparente ou translúcido. Classificação da resistência ao fogo).

¹⁸ CATEGORIA PC - Elemento Pára-Chamas, não permeável, que cumpre o critério E (Estanquicidade às chamas, aos gases quentes e in-flamáveis)

¹⁹ CATEGORIA CF – Elemento que cumpre simultaneamente os critérios E e I (Estanquicidade às chamas, aos gases quentes e inflamáveis / Isolamento térmico durante o incêndio)

Em termos históricos a necessidade de protecção, de abrigo, contra um mundo exterior adverso e condições meteorológicas extremas representa a razão principal para qualquer actividade de construção, para a criação de uma barreira efectiva contra o ambiente externo. Adicionados às funções primárias de protecção estão, actualmente, outros requisitos necessários para satisfazer as exigências de conforto dos ocupantes, sendo que, com a evolução da tecnologia humana, as exigências colocadas sobre a envolvente do edifício aumentaram (Fig. 44). Concluindo, a qualidade da envolvente tem uma influência crucial sobre a eficiência energética do edifício.

Como limite entre interior e exterior pertence a ambos, ao edifício e ao espaço urbano, a envolvente do edifício assume um significado especial. Para o mundo exterior a fachada é o cartão de chamada do edifício. Neste contexto, a fachada faz uma impressão sobre a paisagem urbana. Os edifícios apresentados no estado do conhecimento são um excelente exemplo do protagonismo de um edifício com uma fachada de vidro.

O crescente interesse e respectiva utilização do vidro como único elemento da envolvente deve-se, num primeiro momento, às notáveis características estéticas e ao respectivo impacto sobre o espectador. Uma das características mais valorizada é a sua transparência. Contudo, esta “abertura” do espaço ao exterior faz com que as fachadas envidraçadas tenham exigências energéticas próprias.

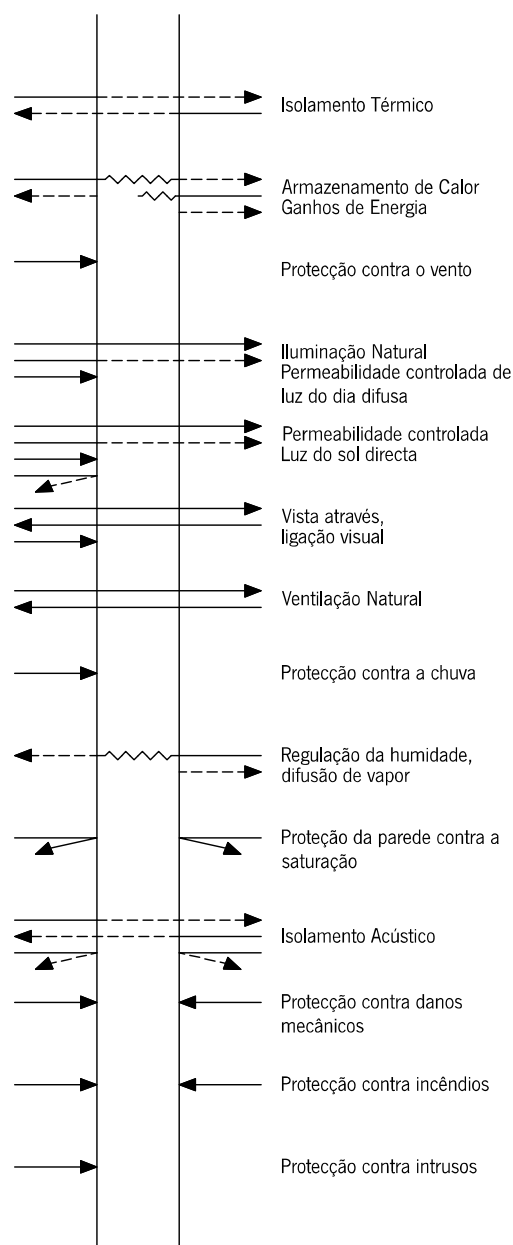


Fig. 44: Requisitos e tarefas da envolvente dos edifícios (adaptado de [52]).

A evolução das fachadas de vidro teve como objectivo, não só o desenvolvimento e a qualidade do vidro, como também, a evolução dos sistemas de fixação, com o intuito de reduzir ao máximo a presença da caixa-lharia na fachada, de forma a aumentar a transparência dos edifícios. Actualmente, os sistemas de fixação leves e finos, por um lado, e as novas tecnologias na produção do vidro, por outro lado, tem permitido aos arquitectos explorar um novo espectro de possibilidades entre a transparência, translucidez e opacidade do vidro, ao mesmo tempo que melhores propriedades térmicas e ópticas são alcançadas.

Este capítulo pretende focar, em termos gerais, quais os diferentes tipos de fixações disponíveis no mercado, contudo, interessa conhecer inicialmente a evolução das fachadas de vidro.

4.1 TIPOS DE FACHADAS

Actualmente, para além das intenções estéticas, os tipo de fachada têm como principal intuito o cumprimento das cada vez mais exigentes normas de protecção solar, isolamento térmico, isolamento sonoro e compatibilidade ambiental. Relativamente à sua evolução, da mesma forma que o vidro evoluiu do vidro simples para o vidro isolante (duplo ou triplo, etc.), de forma a atingir melhor resultados em termos de comportamento térmico (Fig. 45), as fachadas evoluíram de simples a dupla e, posteriormente, para as chamadas fachadas “inteligentes” (Fig. 46 a/b).

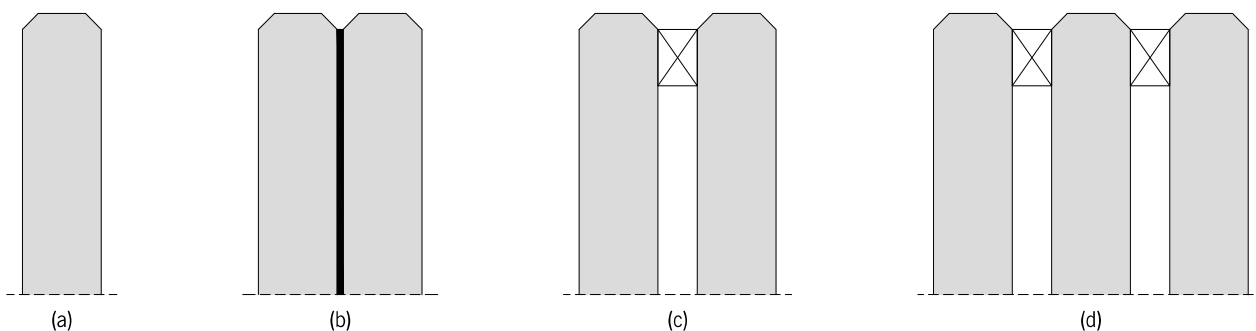


Fig. 45: Produtos do vidro: (a) vidro simples; (b) vidro laminado; (c) vidro duplo e (d) vidro triplo (adaptado de [27]).

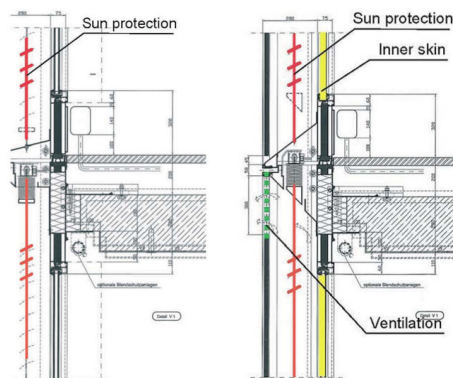


Fig. 46 a/b: Secção de corte de uma fachada simples e de uma fachada dupla [53].

A *fachada simples* (com uma camada de vidro) é o tipo de fachada mais usual. O tipo de vidro utilizado é o vidro isolante. Para o qual são, habitualmente, usados apoios lineares. Outra técnica possível é a da fachada, em que o vidro é colado directamente ao caixilho (Structural Sealant Grazing - SSG). O vidro exterior colado (VEC) surgiu em meados da década de 60, tendo sido utilizado principalmente no preenchimento de fachadas de edifícios em altura nos EUA.

A principal vantagem deste tipo de fachada (Fig. 46a) é, com certeza, o baixo custo. Contudo, relativamente ao seu desempenho térmico, tem que responder à problemática da insolação e, a requisitos de controlo solar e ventilação. No caso de edifícios em altura com grandes fachadas transparentes tornam-se necessários elementos adicionais para aquecimento e arrefecimento dos espaços, pois, no inverno estas fachadas são fracos isoladores e, no verão, permitem a entrada de calor. Concluindo, uma fachada simples não é a melhor escolha para edifícios em altura com grandes fachadas transparentes, considerando o balanço de CO₂ e o bem estar das pessoas que vivem ou trabalham no edifício.

Para salvaguardar o bem-estar do utilizador, as *fachadas de dupla pele* (com duas camadas de vidro) são a melhor escolha especialmente para edifícios em altura. As características de uma fachada dupla (Fig. 46b) são as duas camadas: a camada exterior tem como função a protecção contra as intempéries, não se abre e na maioria das vezes é feita de vidro monolítico. A camada interior tem a função de elemento isolante, assim o tipo de vidro utilizado é o vidro de isolamento. O espaçamento entre a camada interna e externa é ventilado, pelo que, devem ser definidas pequenas aberturas na fachada exterior para atingir a ventilação suficiente. É possível abrir a camada interior, por isso, é possível ao utilizador regular a temperatura ambiente no interior do edifício individualmente. No espaçamento entre as camadas existe a possibilidade de ser instalada uma protecção solar, que é protegida contra a influência do tempo e do vento. A pré-fabricação dos elementos torna possível a instalação rápida no local de instalação. Tal como a *fachada simples*, neste caso na maioria das vezes são utilizados vidros com suporte linear e para a pele exterior por vezes a fixação pontual.

Um desenho optimizado das fachadas de duplas pele depende de muitos aspectos, como a distância entre a fachada interior e exterior. No pior dos casos, em vez de efeito de arrefecimento no verão o ar quente entraria no edifício ao abrir uma janela. Existem inúmeros estudos que apresentam recomendações para o desenho de fachadas de dupla pele, como a distância ideal da protecção solar interior à fachada exterior.

Na Tabela 5 são apresentadas algumas das características e possibilidades que definem estes dois tipos de fachadas, relativamente aos elementos que os compõem.

Tabela 5: Comparação entre Fachada Simples – Fachada Dupla (adaptado de [53]).

Fachada Simples	Fachada Dupla
Apenas uma camada: fachada cortina clássica;	Duas camadas mais o espaçamento: divide diferentes tarefas para 3 elementos diferentes;
Vidro: Vidro Isolante;	Isolamento térmico e acústico adicional;
Isolamento térmico e acústico adicional só é possível apenas numa camada;	Camada interna de vidro isolante, camada externa de vidro monolítico;
Não é possível criar aberturas na fachada: <ul style="list-style-type: none"> • Não Tem Ventilação Natural; • Totalmente Climatizado; 	Possibilidade de abrir a fachada: <ul style="list-style-type: none"> • É possível ventilação natural;
Protecção solar: interior: não é efectiva; no exterior é sensível ao vento;	Camada interna independente das condições do clima ou do vento;
Não é muito confortável para o utilizador;	Protecção solar móvel adicional no espaçamento;
Baixo custo;	Custo elevado;
Balanço CO ₂ baixo;	Bom balanço de CO ₂ ;

Nos anos 80, os desenvolvimentos na arquitectura de vidro ganharam importância, ao mesmo tempo que foi crescendo a pressão por técnicas de construção mais ecológicas e amigas do ambiente. O ponto de mudança reside no reconhecimento do enorme potencial de energia da radiação solar incidente na fachada do edifício, e na determinação de utilizar este potencial. A radiação solar foi vista como a forma de energia ideal porque não polui o ambiente e está presente em todo o lado, em maior ou menor. No Inverno e na Primavera ou Outono, a radiação solar dá lugar a ganhos em termos de calor e luz, ambos levam à redução nos níveis de consumo de energia. No Verão esses ganhos são menos desejados e têm de ser controlados por dispositivos de controlo solar apropriados. E os elementos reflectores da luz podem contribuir para uma redução nas necessidades de luz artificial, que no Verão é a causa de parte das necessidades de arrefecimento.

A *fachada “Inteligente”* vem dar uma resposta eficaz, pois, tem a capacidade de adaptar-se de forma dinâmica, quase viva, à mudança da luz e condições do tempo, recorrendo à auto regulação da protecção térmica e à medição do controlo solar. Isto reduz o consumo de energia primária de um edifício e cria um ambiente agradável para as pessoas no interior. A “Inteligência” da fachada não é medida pelo modo como é controlada pela tecnologia, mas como faz uso da natureza, renovação de recursos de energia, tal como a radiação solar. Nos edifícios de escritórios de hoje, grandemente envidraçados e tradicionalmente dependentes do ar condicionado, uma fachada “inteligente” tem importância não só a nível ecológico mas também económico. Por um lado, ajuda a reduzir o efeito estufa limitando as emissões e por outro mantém o investimento e o custo operacional da tecnologia do edifício o mais baixo possível.

4.2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS / FORMAS DE CONSTRUÇÃO

4.2.1 ALVENARIA DE VIDRO

Uma forma menos comum de utilização do vidro em fachada, com um importante exemplo na história da arquitectura de vidro, a Maison de Verre em Paris (1931) de P. Chaureau, é comumente utilizada em divisórias interiores, sendo, no entanto possível encontrar esporadicamente este sistema, em aplicações exteriores de extensão limitada. Contudo, existem exemplos que contrariam esta tendência, tais como, a Maison Hermès em Tóquio, no Japão, de Renzo Piano (2001), constituída por 11 andares de 45 m de comprimento por 11 m de largura. A sua fachada é totalmente composta por blocos de vidro de 45 por 45 cm especialmente desenhados, resultantes do desenvolvimento industrial. Estes são os materiais usados para tecer este “véu de vidro”, criando um ecrã continuo e luminoso entre a serenidade do espaço interior e a confusão da cidade.



Fig. 48 a/b: Fachada da Maison Hermès em Tóquio, no Japão [54].

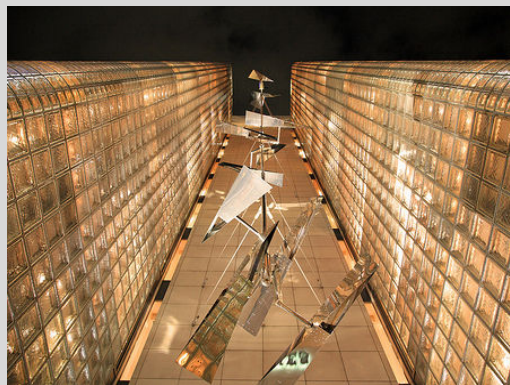


Fig. 47: Pormenor da Fachada da Maison Hermès em Tóquio, no Japão.

O edifício com 6000 m² dispõem de uma área comercial, lojas de trabalho, gabinetes, áreas de exibição e multimédia e no topo um jardim suspenso, estilo francês. A intenção da fachada é criar a ideia de uma “lanterna mágica” na noite da cidade, como as tradicionais lanternas suspensas nas entradas das casas japonesas. O duplo aspecto do interior/exterior, alternância entre dia e noite, luz e transparência leva a imaginar mais do que a ver. A atmosfera criada pelo edifício confere-lhe um carácter tradicional e tecnológico.

O equilíbrio é também a chave para o inovador sistema anti-sísmico, inspirado nos tradicionais templos japoneses, que continuam em pé apesar dos frequentes terremotos. A espinha dorsal do edifício é composta por uma estrutura em aço flexível, que é articulada com a estrutura em locais chave por amortecedores visco elásticos, a partir dos quais a extensão do piso é escorada para suportar a fachada de blocos [55].

Na alvenaria de vidro, em termos técnicos, deve-se ter em atenção a necessidade de separar os blocos de vidro, através de uma junta de dilatação, das paredes envolventes. Adicionalmente, o tijolo de vidro é um bom isolante térmico e acústico, pelo que, actualmente existem sistemas de instalação que recorrem a perfis de alumínio com juntas de borracha, em substituição das argamassas ou cimentos cola.

4.2.2 VIDRO EXTERIOR COLADO

Também designado por “sistema de vidros exteriores colados”, neste tipo de sistema de fachada o vidro é colocado sobre uma caixilharia de suporte que, de acordo com o desenho do caixilho e o modo de fixação, pode ter muitas variantes. Uma repetição de elementos ao longo de uma fachada, configura uma “cortina”, onde a caixilharia assenta de forma directa em partes da estrutura do edifício. A estrutura da caixilharia pode ainda ficar oculta, sendo apenas visível os painéis de vidro adjacentes.

A classificação do sistema de construção em fachada cortina pode ser feita considerando o número de vértices pelos quais está sustentado o vidro. Assim sendo, o vidro pode ser colocado e apoiado sobre dois lados, ou de forma integral sobre os quatro lados em caixilhos não aparentes, traduzindo-se num aspecto exterior da fachada mais uniforme (Fig. 49).

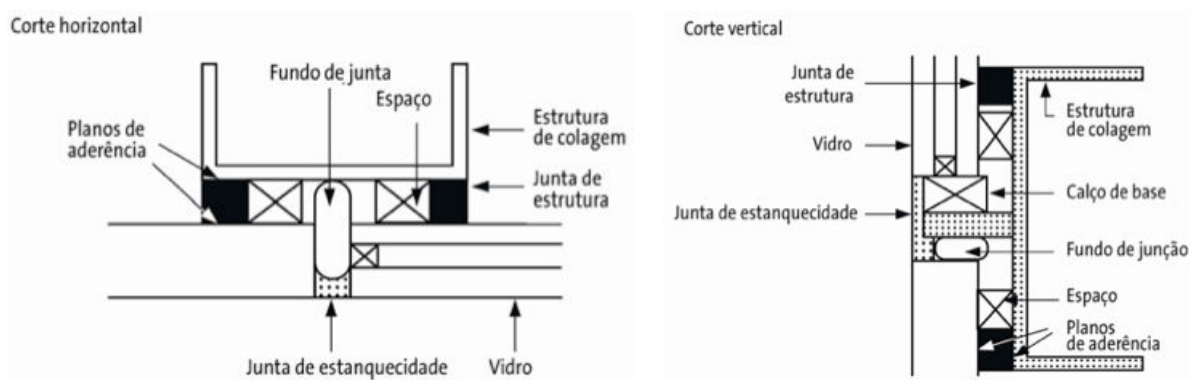


Fig. 49 a/b: Pormenores do encaixe do vidro [56].

4.2.3 VIDRO EXTERIOR AGRAFADO

O crescente uso do vidro na arquitectura e a tendência para projectar estruturas esbeltas, minimizando a utilização do aço e maximizando a luminosidade, traz novos desafios aos campos do desenho e da investigação. Como resultado, conduz a desenhos onde os vidros são fixos através de ancoragens pontuais, em furações abertas para o efeito, o que requer uma maior resistência mecânica por parte do vidro e um desenho rigoroso de toda a estrutura.

A principal diferença entre os sistemas de vidro exterior agrafado e fachada cortina é, para além de um âmbito de aplicação diferente, o facto de a forma de sustentação ser pontual e por meios totalmente mecânicos, enquanto que, no sistema de fachada cortina a ligação é continua ao longo das arestas do vidro.

Este sistema é fixo a uma estrutura portante, onde a transmissão e absorção de esforços é feita a partir de elementos metálicos em aço inoxidável. Denominados por grampos (“agrafos”) que podem ser, ou não, arti-

culados o que lhes possibilita características de transmissão de esforços diferentes, e aranhas que são ligados à estrutura do edifício.

Adicionalmente, ao analisarmos fixações pontuais é necessário considerar a sua estabilidade, pelo que, é indispensável o uso do vidro temperado, que apresenta uma maior resistência mecânica às forças de aperto. As estruturas devem resistir a cargas verticais e laterais, derivadas das forças gravitacionais e do vento respectivamente.

Os sistemas de paramentos verticais podem ser caracterizados como flexíveis ou rígidos, de acordo com a transferência das cargas horizontais, e suspensos ou apoiados, consoante a transferência de cargas verticais. Um sistema flexível é formado por vigas de cabos pré-tensionados que resistem aos esforços perpendiculares ao plano da fachada, enquanto que, num sistema rígido cada placa transmite a carga à estrutura. Num sistema suspenso cada placa pende directamente da sua superior, transmitindo a totalidade da carga vertical à parte superior da estrutura. Em contrapartida, num sistema apoiado cada placa apoia na estrutura.

As crescentes exigências aplicadas à envolvente dos edifícios, presentes em regulamentos nacionais e internacionais, relativos à térmica e eficiência energética, focam com particular atenção os vãos envidraçados, por serem as áreas de maior interação entre o clima interior e exterior, e portanto, fundamentais na gestão dos fluxos energéticos.

O aumento da utilização do vidro nas ultimas décadas, já evidenciado previamente, não se justifica somente pelas características naturais de luminosidade e transparência. Presentemente, a sua elevada utilização está relacionada com o desenvolvimento tecnológico, através do qual, o vidro tornou-se mais sofisticado, com elevados padrões de qualidade, que se têm verificado ao nível da eficácia e eficiência com que é utilizado e, mais recentemente, com evoluções preponderantes ao nível do conforto térmico e acústico. Permitindo otimizar o desempenho energético-ambiental dos edifícios, ao ponto de existirem sistemas envidraçados que atingem um grau de desempenho energético similar ao de uma parede maciça vulgar.

O presente capítulo apresenta uma análise do comportamento do vidro, através da utilização de uma ferramenta de cálculo, o programa Vitrages Décision (apresentado no Anexo A) desenvolvido para fachadas, com particular atenção para a protecção solar. Existem outras ferramentas semelhantes no mercado e, dada a crescente complexidade perante a utilização do vidro em fachadas, alguns fornecedores disponibilizam ferramentas online, que permitem obter as características dos seus produtos e verificar qual a melhor opção.

A empresa Pilkington, por exemplo, apresenta o modelo de desempenho do vidro – Pilkington Spectrum²⁰ – que permite calcular de forma rápida e eficiente as principais propriedades, tais como, a transmissão de luz, o factor solar (de acordo com a EN 410) e o coeficiente de transmissão térmica (de acordo com a EN 673), do vidro simples e de unidades de vidro isolante (duplos, triplos e quádruplos). Este inclui uma base de dados com uma abrangente gama dos produtos Pilkington e, restrições que impedem algumas combinações que selecionadas são consideradas imprudentes e impraticáveis [57].

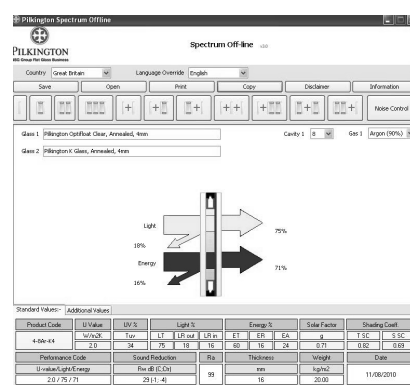


Fig. 50: Pilkington Spectrum [57].

²⁰ Pilkington Spectrum On-line - http://www.pilkington.com/spectrum2/default.aspx?country_code=EX

O programa Vitrages Décision, é uma ferramenta de cálculo criada para os profissionais do vidro, que permite desenvolver todos os cálculos térmicos e mecânicos necessários para medir e verificar os envidraçados. Contudo, como na aplicação de todos os cálculos apresentados pelo programa está implícita a opção por um projecto concreto, passível de ser localizado geograficamente e de definir a sua envolvente, sistema de fixação, etc., e considerando que, tal opção inviabilizaria a utilização dos dados obtidos como referência em projectos com especificações distintas. Sem nos querermos restringir a um projecto concreto, nem contemplar qualquer tipo de dispositivo de sombreamento, ou a existência de sombra constante ou obstáculo, pretendemos obter resultados que digam respeito ao comportamento do vidro isoladamente e perante a situação mais desfavorável. Assim sendo, apenas foi utilizado o módulo básico, no qual são consideradas as características solares e luminosas, o factor solar (g) e o coeficiente de transmissão térmica (U) do vidro.

Concluindo, a intenção é avaliar o comportamento do vidro isoladamente, considerando as suas características base, de modo a obter dados para uma correcta especificação quanto ao seu comportamento térmico, e assim, otimizar o desempenho energético do edifício.

5.1 ESPECIFICAÇÃO DE VIDROS

A escolha e especificação do vidro deve ser criteriosa, no sentido em que, deve ser feita com base numa análise de todas as suas propriedades, características, vantagens e desvantagens, de modo a tirar o máximo proveito das suas possibilidades. Com o desenvolvimento tecnológico surgiu um conjunto de novas qualidades que permitem favorecer muito o desempenho do vidro, que devem ser consideradas no momento de seleccionar o vidro para um dado projecto.

A especificação do vidro varia consoante os contextos específicos em que se pretende aplicar o painel, dadas as actuais exigências da envolvente e este representar, cada vez mais, o papel de filtro entre o interior e o exterior, considerando a crescente construção em vidro. Pelo que, é importante considerar os seguintes aspectos técnicos:

1. O Coeficiente de transmissão térmica²¹ do vão envidraçado (designado por factor U) que depende de três factores fundamentais: das características técnicas dos próprios vidros (único factor analisado neste estudo); da qualidade da caixilharia; e do grau de protecção oferecido pelo sistema de sombreamen-

²¹ O Coeficiente de transmissão térmica (U) de um elemento da envolvente - é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa. (RCCTE – DL 80/2006)

- to exterior e/ou interior, sendo que, este conjunto de factores deve conseguir reduzir as perdas térmicas do interior para o exterior;
2. O Factor Solar (g) do vidro²² que deve ser adequado ao contexto em que o vidro vai ser aplicado, sendo que, é irrelevante para os vidros orientados a norte ou que estejam permanentemente sombreados;
 3. O Coeficiente de transmissão luminosa (TL) do vidro que deve ser apropriado às actividades que se exercem no interior do edifício, de forma a promover o conforto dos seus ocupantes;
 4. A relação entre a transmissão luminosa e o factor solar é muito relevante sendo designada por índice de selectividade²³ (S) e calculada, dividindo a transmissão luminosa pelo factor solar ($S = TL/g$);
 5. As propriedades de segurança e resistência mecânica, pois é fundamental que em termos técnicos o vidro garanta a segurança e protecção das pessoas;
 6. O grau de resistência à sujidade do vidro pelo exterior, de forma a considerar o seu desgaste e respectiva manutenção.

Nesse sentido e de forma a fazer a caracterização térmica do vidro, considerando vários exemplos, neste estudo são analisados os primeiros quatro pontos descritos. Sendo que, os valores do coeficiente de transmissão térmica apresentados apenas dizem respeito ao vidro, bem como os restantes dados. Actualmente, são apresentados alguns valores de referência, por exemplo, para o factor solar e coeficiente de transmissão térmica (Fig. 51) no Decreto-Lei n.º 80/2006 (RCCTE). Concluindo, seguem-se então os critérios utilizados na ferramenta de cálculo e os dados obtidos.

Elemento da envolvente	(U-W/m ² °C)			
	Zona climática (*)			
	I ₁	I ₂	I ₃	RA (**)
Elementos exteriores em zona corrente:				
Zonas opacas verticais	0,70	0,60	0,50	1,40
Zonas opacas horizontais	0,50	0,45	0,40	0,80
Elementos interiores em zona corrente (***):				
Zonas opacas verticais	1,40	1,20	1	2
Zonas opacas horizontais	1	0,90	0,80	1,25
Envidraçados (****)	4,30	3,30	3,30	4,30

Fig. 51: Quadro IX.3 - Coeficientes de transmissão térmica de referência [58].

(*) V. anexo III.
 (**) Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores, apenas para edifícios na zona I₁.
 (***) Para outras zonas anexas não úteis.
 (****) Valor médio dia-noite (inclui efeito do dispositivo de protecção nocturna) para vãos envidraçados verticais; os vãos envidraçados horizontais consideram-se sempre como se instalados em locais sem ocupação nocturna.

²² O factor solar (g) de um vidro - é o quociente entre a energia solar transmitida através do vidro para o interior e a energia solar nele incidente. (RCCTE – DL 80/2006)

²³ Os vidros com elevado índice de selectividade (vidros selectivos) permitem que mais luz entre no edifício sem colocar em causa o conforto dos ocupantes, isto, através do seu tratamento ou revestimento, por exemplo, os vidros com capa de controlo solar ou de baixa emissividade. Sendo assim, ao controlar os ganhos de calor no verão, evitar a perda de calor interior no inverno, e permitir aos ocupantes reduzir o uso de iluminação artificial, fazendo uso máximo da iluminação natural, é possível reduzir significativamente o consumo de energia do edifício.

5.2 CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA

O presente estudo está dividido em três grupos, de acordo com a constituição do vidro, entre vidro simples (VS), vidro duplo (VD) e vidro triplo (VT), dos quais, foram analisados vários tipos de vidros (Fig. 52, Fig. 53 e Fig. 54). Através da variação de diferentes parâmetros (composição, revestimento e espessura do vidro / espessura e tipo de enchimento da cavidade). Para tal, foram considerados vidros de duas marcas responsáveis por grande parte da produção de vidro (Saint-Gobain e Pilkington), focando a marca Saint-Gobain.

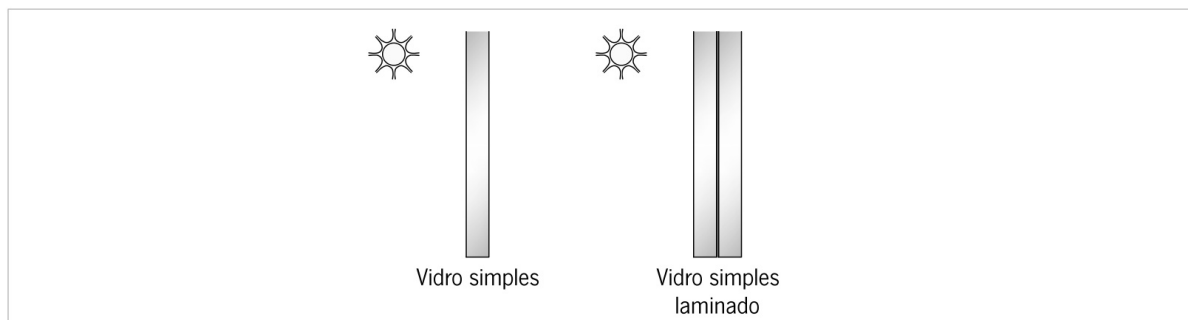


Fig. 52: Vidro simples (entre 1 e 2 painéis).

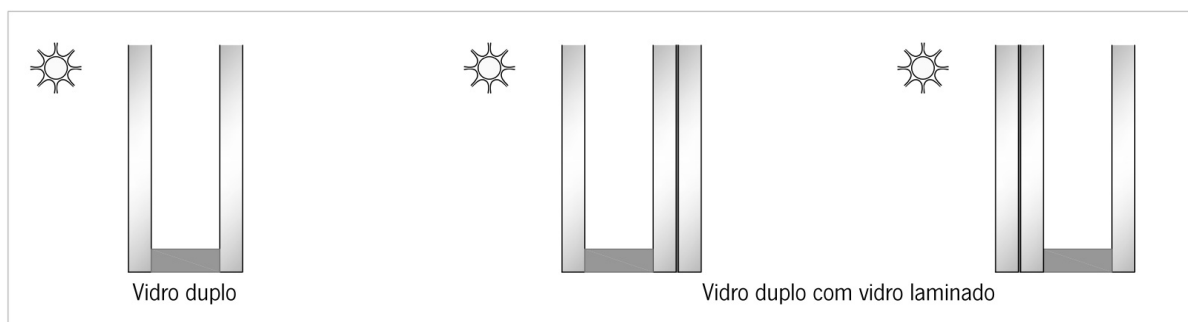


Fig. 53: Vidro duplo (entre 2 e 4 painéis).

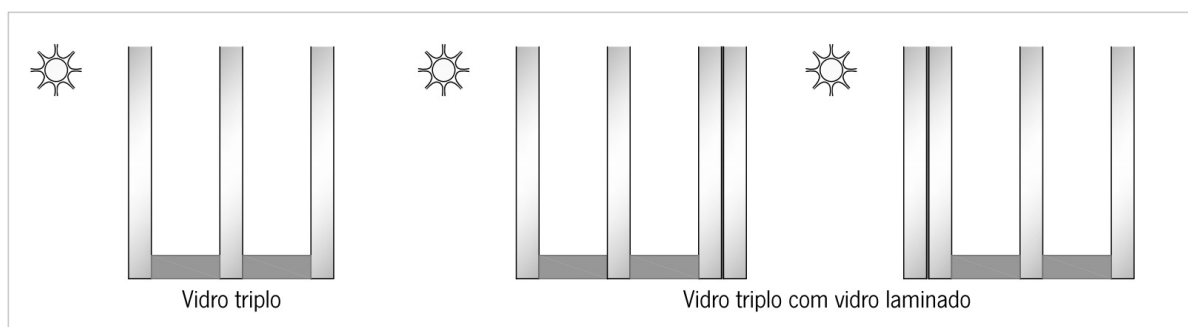


Fig. 54: Vidro triplo (entre 3 e 6 painéis).

As opções tomadas, tidas por base ao utilizar o programa Vitrages Décision (Anexo A), têm por objectivo analisar o comportamento térmico do vidro isoladamente. Ao iniciar o programa a primeira opção passa por seleccionar os cálculos a realizar. Sendo que, como referido anteriormente, foram assinalados os cálculos referentes às características solares e luminosas, ao factor solar e ao coeficiente de transmissão térmica.

Todos os valores obtidos são com base em vidros com 1m de largura por 1m de comprimento, sem qualquer tipo de dispositivo de sombreamento, nem sombra permanente. Em relação à opção das temperaturas a que

está exposto o vidro, considerando a localização geográfica, o programa tem como predefinição as regiões francesas. Contudo, é possível introduzir outra localização, assinalando a opção fora de França e introduzindo manualmente as condições climáticas específicas.

Relativamente à orientação dos vidros, a opção passou por escolher uma das situações com maior exposição solar (sul e sudeste), ou seja, uma das situações mais desfavoráveis. Nas tabelas seguintes são apresentadas as unidades e os respectivos valores utilizados pelo programa para o cálculo do factor solar e do coeficiente de transmissão térmica, sendo que, para os coeficientes de transmissão térmica superficial²⁴ (h_e e h_i) foram considerados os valores normalizados.

$Flux$ (W/m ²)	Fluxo solar máximo.
h_e (W/m ² .K)	Coeficiente de transmissão térmica superficial exterior.
h_i (W/m ² .K)	Coeficiente de transmissão térmica superficial interior.
T_e max. (°C)	Temperatura máxima exterior.
T_i max. (°C)	Temperatura máxima interior.

Tabela 6 a/b: Dados usados para os cálculos.

	$Flux$ (W/m ²)	h_e (W/m ² .K)	h_i (W/m ² .K)	T_e max (°C)	T_i max (°C)
Factor solar g (%)	750	23	8	35	25
	$Flux$ (W/m ²)	h_e (W/m ² .K)	h_i (W/m ² .K)	T_e max (°C)	T_i max (°C)
Valor de U [W/(m².K)]	0	25	8	0	20

Concluindo, as opções previamente descritas e a escolha dos tipos de vidro, respectivas variações, fornecedor, etc., são em parte condicionadas pela base de dados presente no programa, como também, pelo objectivo de criar denominadores comuns aos três grupos de vidros de forma a permitir uma comparação entre os mesmos dos valores obtidos. Isto para comparar, por exemplo, qual a melhor opção entre um vidro simples, duplo ou triplo. Nos próximos pontos, são apresentados os resultados dos cálculos referentes aos três grupos, com uma respectiva análise dos mesmos, sendo que, os resultados detalhados são apresentados no Anexo B.

5.2.1 VIDRO SIMPLES (VS) / VIDRO SIMPLES LAMINADO (VSL)

A análise feita para o vidro simples foca a variação da espessura para diferentes tipos de vidro, desde o vidro incolor (comum), extra-claro e colorido, como também a vidros com capa de baixa emissividade e controlo

²⁴ Quando uma superfície está em contacto com o ar, troca calor por condução e por convecção com o ar e por radiação com todo o seu ambiente circundante. O conjunto destas transferências térmicas é definido de forma convencional para uma dada velocidade de vento, e para emissividades e temperaturas comuns em edifícios. São caracterizadas por h_e para as trocas exteriores e h_i para as trocas interiores.

solar, isto, com o objectivo de obter valores do seu desempenho individual, sem estar associado a uma unidade de vidro isolante.

Inicialmente, com base nas espessuras mais comuns do vidro aplicado na construção, foram calculados os valores para seis espessuras diferentes, entre 2 e 19 mm, para cada tipo de vidro. Dos exemplos analisados, pertencentes às marcas Saint-Gobain e Pilkington (Anexo B.1), podemos concluir que independentemente da composição específica de cada vidro, como por exemplo, a cor ou tratamento, o valor do coeficiente de transmissão térmica (U) apresenta uma curva decrescente, com a variação do mesmo apenas em função da espessura. Nesta análise foram considerados os seguintes vidros [56]:

Saint-Gobain Glass - DIAMANT	Vidro extra-claro, com propriedades estéticas e ópticas muito particulares (fabricado pelo processo "float").
Saint-Gobain Glass - PLANILUX	Vidro incolor fabricado pelo processo "float", o que lhe confere faces perfeitamente planas e paralelas.
Saint-Gobain Glass - PARSOL BRONZE	Vidro colorido na massa – Bronze, com propriedades de controlo solar (fabricado pelo processo "float").
Saint-Gobain Glass - PARSOL GREEN	Vidro colorido na massa – Verde, com propriedades de controlo solar (fabricado pelo processo "float").
Saint-Gobain Glass - PARSOL GREY	Vidro colorido na massa – Cinzento, com propriedades de controlo solar (fabricado pelo processo "float").
Saint-Gobain Glass - PLANISTAR	Vidro incolor com capa fina - propriedades: baixa emissividade e controlo solar

Concluindo, a cada espessura analisada dos diferentes tipos de vidro simples corresponde sempre o mesmo valor de U , como podemos verificar na lista dos vidros analisados em anexo e no gráfico seguinte (Fig. 55).

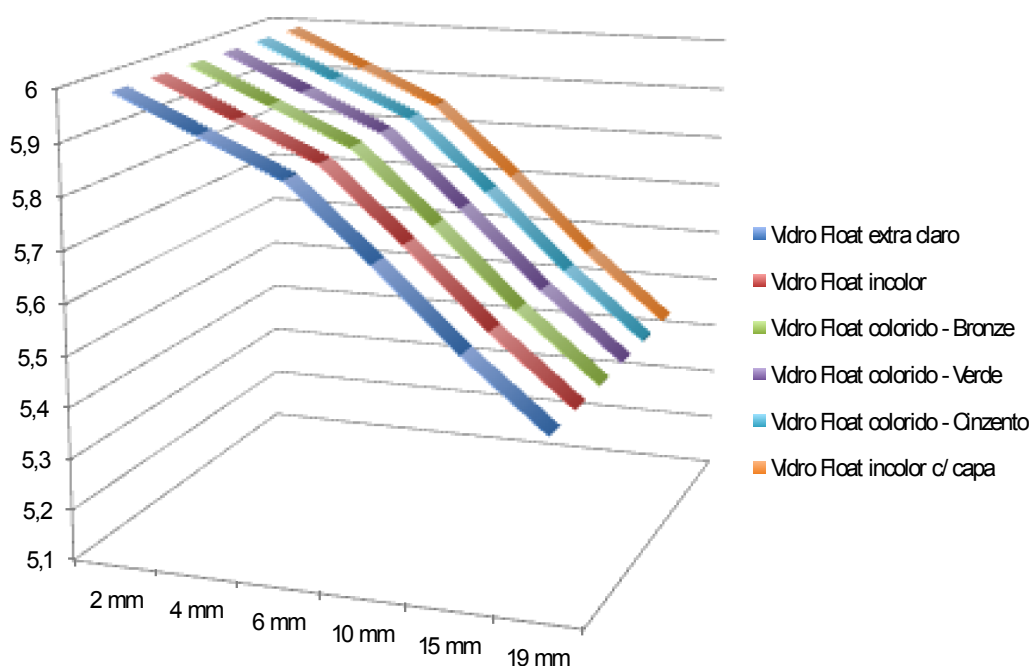
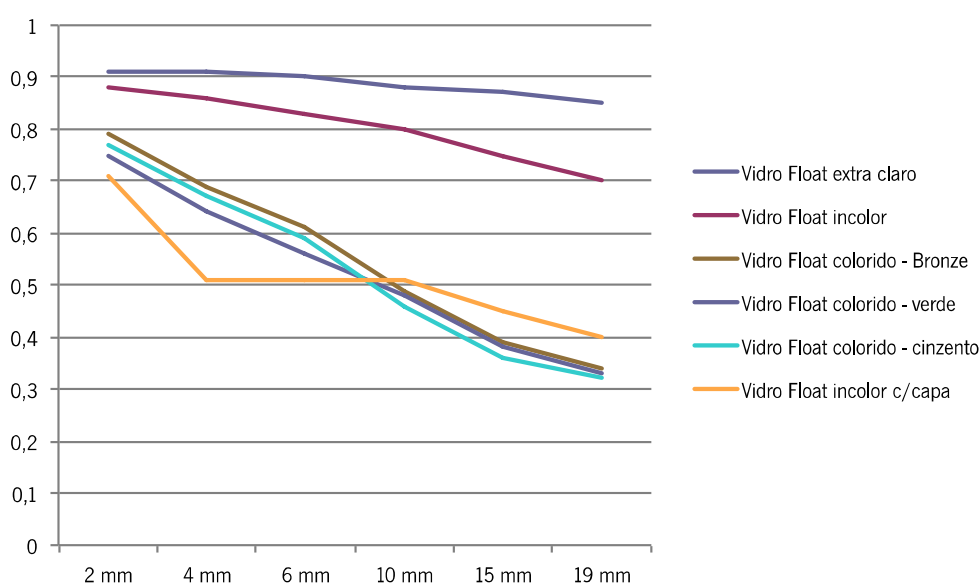
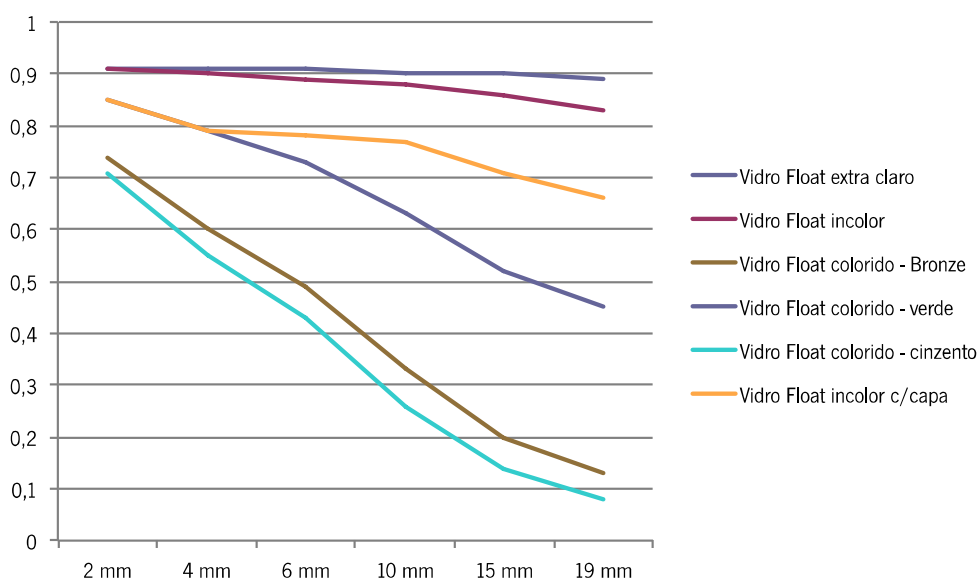


Fig. 55: Valor de U [$W/(m^2.K)$] para o vidro simples em função da espessura.

Nas espessuras consideradas o valor de U varia entre 5,99 e 5,43 $W/(m^2.K)$, pelo que, a opção por um vidro simples para uma habitação, de acordo com a legislação, não será suficiente para que cumpra os requisitos térmicos.

Relativamente aos restantes valores a considerar, desde a transmissão luminosa (T_L), o factor solar (g) e, consequentemente, o índice de selectividade (S) variam de forma mais significativa consoante o tipo de vidro, respectiva composição e tratamento (revestimento), do que considerando a espessura. É possível verificar ao analisar os resultados para a transmissão luminosa (Fig. 57) e o factor solar (Fig. 56) dos vidros testados, que à semelhança do valor de U , o aumento da espessura é sinónimo de uma redução dos respectivos valores. A diferença está que esta redução é mais acentuada para os vidros coloridos como podemos verificar nos gráficos seguintes.

Fig. 56: Factor solar (g) do vidro simples em função da espessuraFig. 57: Transmissão luminosa (T_L) do vidro simples em função da espessura.

Assim sendo, o decrescer de ambos os valores deve-se ao facto de o aumento da espessura ser sinónimo de uma crescente absorção de energia, sendo que, o valor da reflexão é praticamente constante, variando o

valor de absorção e transmissão de forma inversa, à medida que aumenta a absorção reduz a transmissão de energia, facto que é possível analisar de forma mais específica nos dados em anexo (Anexo B.1).

Quanto ao índice de selectividade, que resulta da relação entre a transmissão luminosa e o factor solar, um elevado valor expressa uma relação favorável. E considerando a opção para a orientação dos vidros relativamente aos alçados, quanto mais baixo for o factor solar do vidro melhor será o seu desempenho, isso associado a um valor mais elevado do coeficiente de transmissão luminosa será o ideal para a selecção e prescrição do vidro. Concluindo, um vidro com elevado índice de selectividade é sinónimo de conforto, pois, responde às necessidades de luz do dia dos utilizadores enquanto reduz a quantidade de energia solar no interior do edifício, evitando assim o sobreaquecimento do espaço. Associada a esta diferença entre as duas características estará um maior índice de selectividade (Fig. 58).

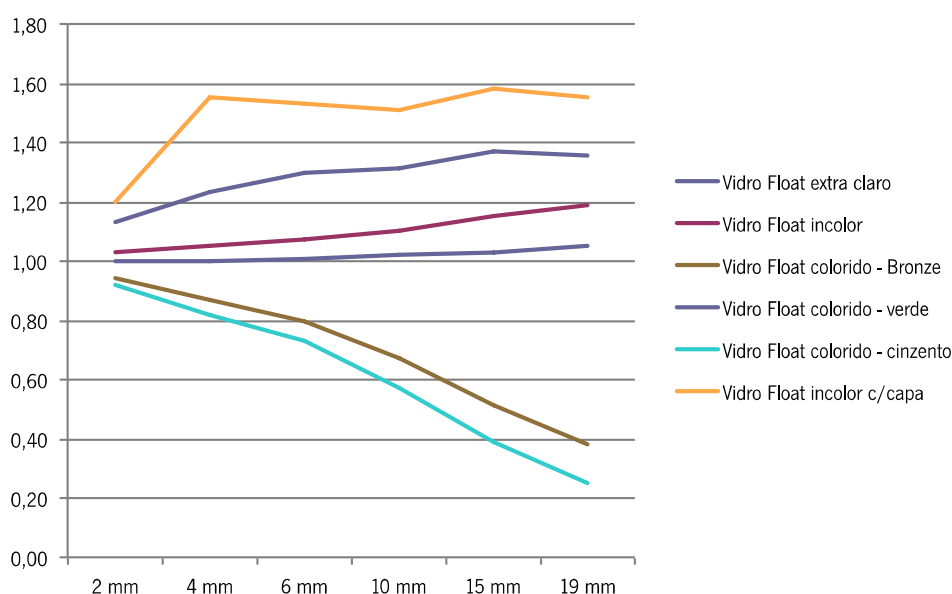


Fig. 58: Índice de selectividade (%) do vidro simples em função da espessura.

Relativamente ao vidro simples laminado (VSL), com base nos exemplos analisados, podemos concluir que a grande diferença em relação a um vidro simples da mesma espessura, estará na maior estabilidade após rotura do laminado. Sendo que, o seu comportamento térmico é muito semelhante. Embora não tenham sido usadas, em parte, as mesmas espessuras que para o vidro simples, devido à restrição da base de dados presente no programa. Foram analisadas variações do vidro simples laminado tendo, principalmente, por base o vidro incolor²⁵ previamente estudado.

É possível verificar na Fig. 59, que o valor de U para todos os vidros considerados em diferentes espessuras perfaz uma única linha, pois vidros diferentes com a mesma espessura têm o mesmo valor.

²⁵ Fabricado pelo processo "float", é o vidro base utilizado no fabrico da grande maioria dos vidros transformados (vidros com capa, de isolamento, laminados, temperados, serigrafados, etc.)

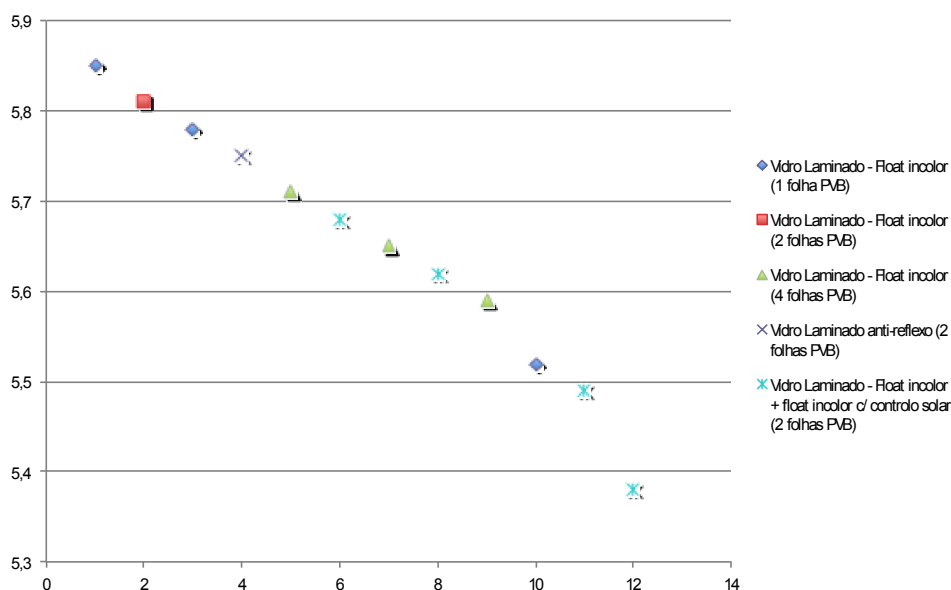


Fig. 59: Valor de U [W/(m².K)] do vidro simples laminado em função da espessura.

Comparando assim um vidro simples laminado com a mesma espessura e com base no mesmo tipo de vidro (vidro float incolor) que um vidro simples obtemos o mesmo valor de U (Tabela 7), confirmando que, para o vidro simples a única variável que altera os valores do coeficiente de transmissão térmica é a espessura.

Tabela 7: Comparação dos dados obtidos para um vidro simples e dois vidros simples laminados (Anexo B.1).

Nº	TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
			TRANSMISSÃO (%)	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g (%)	
VS2.4	Vidro float incolor	10	0,88	0,07	0,17	0,76	0,80	5,71
VSL1.3	Vidro laminado de segurança composto por dois painéis de vidro incolor ligados através de um filme de PVB - 0,38 mm	10 (55.1)	0,86	0,07	0,25	0,68	0,74	5,71
VSL3.1	Vidro laminado de segurança composto por dois painéis de vidro incolor ligados através de quatro filmes de PVB - 0,76mm	10 (44.4)	0,86	0,07	0,26	0,67	0,74	5,71

Interessa referir que nas tabelas apresentadas o número atribuído corresponde ao código do vidro na lista apresentada em anexo, sendo que, VS corresponde a vidro simples e, 2.4 é referente ao segundo tipo de vidro analisado e à variação da espessura número 4. Para o “tipo de vidro” pode ser apresentado com a referência comercial ou com uma descrição das suas características.

Quanto às restantes características, tais como a transmissão luminosa, o factor solar, etc., os valores obtidos para o vidro simples laminado são semelhantes ao vidro simples, porém, um pouco mais baixos. A grande diferença está no aumento do valor de absorção, que se reflecte directamente nos valores da transmissão e do factor solar, sendo a reflexão constante (Tabela 7).

Tabela 8: Comparação dos dados obtidos para dois vidros simples laminados (Anexo B.1)

Nº	TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
			TRANSMISSÃO (%)	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g (%)	
VSL2.3	Vidro laminado de segurança composto por dois painéis de vidro float incolor ligados através de dois filmes de PVB – 0,76mm	11 (55.2)	0,86	0,07	0,27	0,66	0,73	5,68
VSL2.4		11 (64.2)	0,86	0,07	0,27	0,66	0,73	5,68

Concluindo, os dados obtidos para o vidro simples laminado simétrico, com a excepção de um exemplo (Tabela 8), têm por base a análise de diferentes vidros, na sua maioria com a mesma composição, mas com diferenças no numero de folhas de PVB utilizadas, e na respectiva espessura das mesmas. Ou seja, perante vidros de segurança, semelhantes em termos de comportamento térmico, sendo que, independentemente do tipo de vidro, simetria ou não do laminado, do número de folhas de PVB, a cada espessura total corresponde sempre o mesmo valor de U . E dada a proximidade de valores para as restantes características, com maiores diferenças perante a alteração do numero de folhas de PVB. A decisão na escolha do vidro será, essencialmente, ditada pelo grau de segurança exigido no projecto.

5.2.2 VIDRO DUPLO (VD)

O vidro duplo surgiu, precisamente, para dar resposta à necessidade de melhorar o isolamento térmico dos envidraçados. Atendendo à sua constituição surgem novos elementos a ser avaliados, pois, enquanto a única variável para os diferentes tipos de vidro simples era a espessura e, para os vidros simples laminados a espessura e o número de folhas de PVB, para o vidro duplo a cavidade também tem de ser definida, em termos de espessura e enchimento.

Inicialmente, a primeira opção para a análise do vidro duplo passa por o considerar na sua forma mais simples, ou seja, um vidro duplo simétrico, constituído por dois painéis de vidro incolor (vidro comum - fabricado pelo processo “float”) sem qualquer tipo de tratamento, revestimento, etc., sendo que, a intenção é conhecer o seu comportamento base, para posteriormente, com a análise de outro tipo de vidros constatar a sua evolução. Assim sendo, foram consideradas quatro espessuras das seis estudadas para o vidro simples e, para vidros duplos com painéis de 4, 6, 10 ou 15 mm, foram consideradas espessuras da cavidade entre 6 e 20 mm e o respectivo enchimento com ar e/ou gás (árgon, cripton, xénon).

Quanto ao vidro duplo com painéis de 4mm (4...-4), através da imagem seguinte (Fig. 60) ou dos dados em anexo (Anexo B.2 – VD1 ao VD4), podemos analisar o seu comportamento relativamente ao coeficiente de

transmissão térmica (U), sobre qual a diferença nos valores perante a alteração da espessura da cavidade e do tipo de enchimento.

Podemos verificar que o preenchimento da cavidade com gás (85%), permite atingir menores valores de U , e fazê-lo para menores espessuras, sendo que, é possível verificar que a partir de uma dada espessura o valor torna a subir, mas de forma menos evidente. Concluindo, o valor de U tem uma relação inversa com a espessura da cavidade²⁶, à medida que esta aumenta o seu valor diminui. Contudo, isto é válido até uma dada espessura da cavidade, a partir da qual as correntes de ar que se criam dentro da mesma aumentam a transmissão energética (conclusão com base em todos os vidros múltiplos analisados).

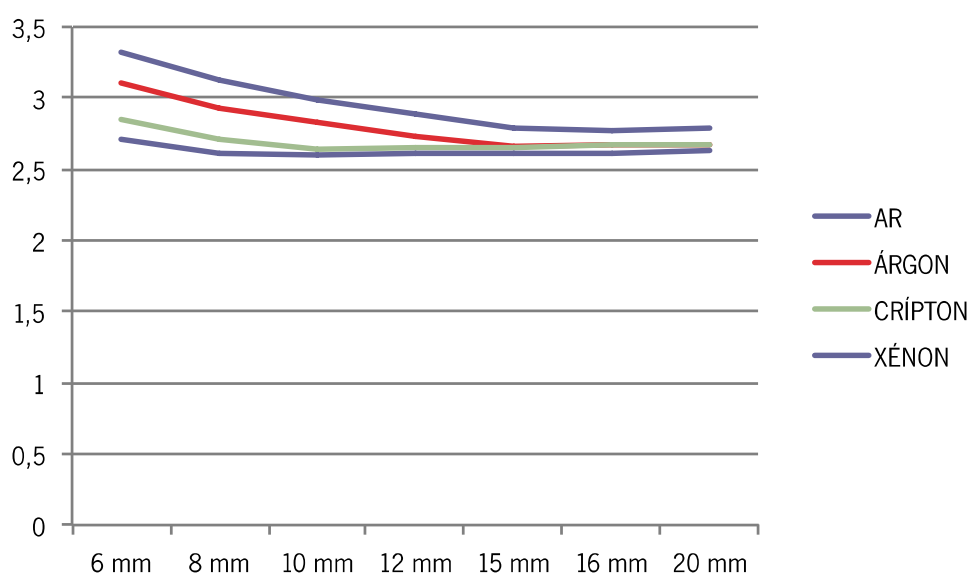


Fig. 60: Valor de U [W/(m².K)] em função da espessura e preenchimento da cavidade.

Em relação ao factor solar, transmissão de luz e, consequentemente, ao índice de selectividade ($TL/g = 1,08$), o valor é constante (Anexo B.2), ou seja, os valores obtidos para o primeiro vidro duplo considerado (4-6-4) não se alteram com a variação da espessura e com o tipo de enchimento da cavidade. Pelo que, podemos concluir, que para estas características uma vez obtido um valor este não é influenciado por estes dois factores, essencialmente, o que as define é o tipo de vidro, respectiva espessura e tratamento.

Posteriormente, procedendo da mesma forma para vidros duplos constituídos por painéis com espessuras de 6, 10 e 15 mm, é possível verificar, em específico através dos dados em anexo (Anexo B.2 – VD5 ao VD16), que o comportamento é semelhante ao previamente exposto, apresentando uma redução nos valores devido ao aumento da espessura, com excepção do valor de absorção. Sendo assim possível, através da Fig. 61a, verificar qual a diferença no valor de U perante o aumento da espessura dos painéis de vidro, para diferentes

²⁶ Independentemente da espessura da cavidade ideal, que corresponde ao melhor valor de U , esta deve estar primeiramente relacionada com a espessura dos vidros, as dimensões e a área dos mesmos. Isto, para garantir em qualquer situação uma separação mínima entre os vidros.

espessuras da cavidade e com o seu preenchimento com ar. As linhas que o definem são praticamente paralelas, o mesmo se verifica perante o enchimento com os diferentes tipos de gás utilizados, como se pode verificar na Fig. 61b, com o enchimento da cavidade com 85% argon e 15% de ar.

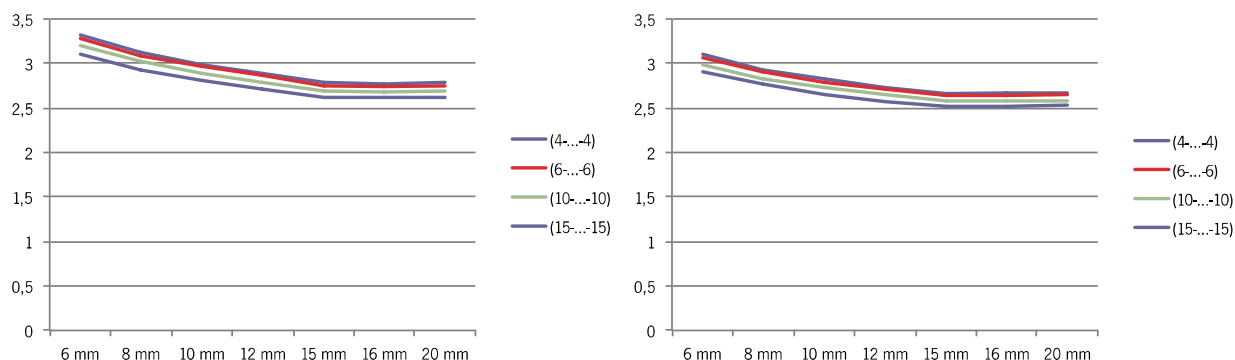


Fig. 61 a/b: Valor de U perante o aumento da espessura dos painéis de vidro, preenchimento da cavidade com ar e argon.

Para as restantes características, que não têm os seus valores alterados pela constituição da cavidade, é apresentada na Fig. 62 a/b os dados obtidos com a alteração da espessura dos painéis de vidro incolor. Com o aumento da espessura há uma redução nos valores mas a linha que define o seu comportamento é paralela à apresentada para o vidro simples.

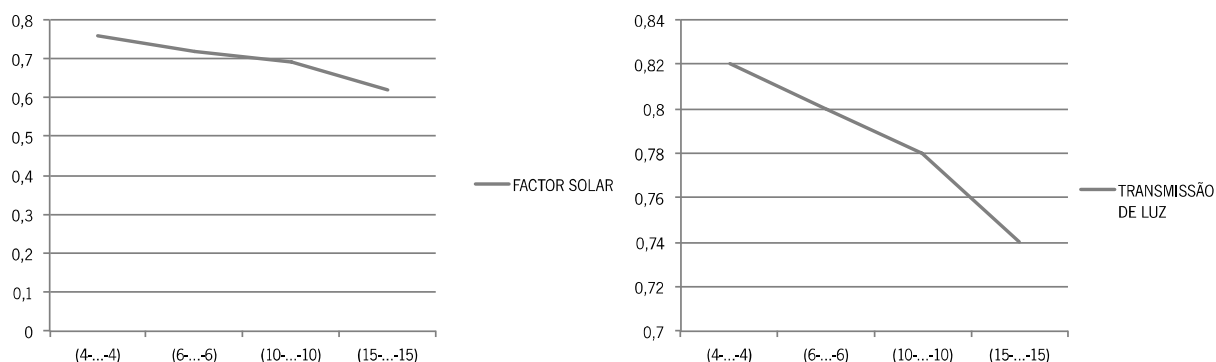


Fig. 62 a/b: Valores do factor solar (g) e transmissão de luz (TL) perante o aumento da espessura dos painéis de vidro.

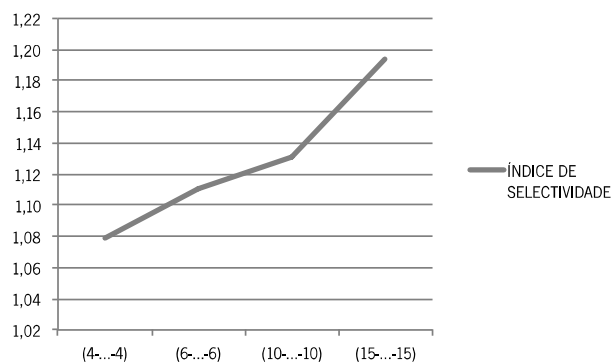


Fig. 63: Valores do índice de selectividade (S) perante o aumento da espessura dos painéis de vidro.

Uma outra possibilidade relativamente aos vidros duplos é a não simetria entre os seus painéis, o que representa uma boa opção para obter melhores valores em termos de isolamento acústico, pois permite evitar efeitos de ressonância. No sentido de verificar se essa alteração implica grandes alterações e mudanças em termos térmicos, foram analisadas várias combinações, entre painéis de 4 e 6 mm, e de 6 e 10 mm, isto, sempre com as mesmas variantes, em termos de espessura e preenchimento da cavidade, como descrito anteriormente. Através dos dados em anexo (Anexo B.2 – VD17 a VD24) podemos concluir que esta alteração não interfere com a lógica do comportamento anteriormente analisado, pois a pequena alteração dos valores diz respeito à alteração na espessura dos painéis, sendo proporcionais à mesma (Tabela 9).

Tabela 9: Comparação entre vidros duplos simétricos e não simétricos.

Nº	TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
			TRANSMISSÃO (%)	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g (%)	
VD1.1	PLANILUX /ar / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	3,33
VD17.1		16 (4-6-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	3,31
VD5.1		18 (6-6-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,71	3,29

Para além disso, para o melhor valor de U foi considerada a inversão dos painéis, de forma a verificar se essa alteração interferia com os valores obtidos o que não se confirmou em nenhuma das características analisadas (Tabela 10). Contudo, entende-se que perante vidros constituídos por painéis com, por exemplo, composição e tratamento distintos o mesmo não se reflecte²⁷.

Tabela 10: Valor de U considerando a inversão dos painéis.

Nº	TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
			TRANSMISSÃO (%)	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g (%)	
VD17.1	PLANILUX /ar / PLANILUX	26 (4-16-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	2,75
VD17.8	INVERSÃO DOS PAINÉIS	26 (6-16-4)	0,81	0,11	0,23	0,66	0,73	2,75
VD18.5	PLANILUX / 85% árgon e 15% ar / PLANILUX	25 (4-15-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,65
VD18.6			Para o melhor valor de U com 100% de árgon o valor é					2,62
VD18.9	INVERSÃO DOS PAINÉIS	25 (6-15-4)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,65
VD18.10			Para o melhor valor de U com 100% de árgon o valor é					2,62

Posteriormente, com o objectivo de analisar a evolução patente nos vidros actualmente, através da aplicação de diferentes revestimentos, que permitem conferir ao vidro propriedades manifestas a outros materiais. Sendo que, o revestimento do vidro com o objectivo de melhorar o seu comportamento térmico, consiste em apli-

²⁷ A posição dos vidros numa unidade de vidro duplo é importante, pois, no caso de incorporar vidros com capa (controlo solar e baixa emissividade) e apesar de geralmente não ter grandes diferenças, as melhores prestações conseguem-se com a posição adequada.

car propriedades dos metais, através dos quais foi possível reduzir consideravelmente o valor de U e, criar os vidros selectivos²⁸ relativamente à transmissão de luz e ao factor solar.

Assim, procedendo da mesma forma, com base em painéis de vidro com a mesma espessura, variação e preenchimento da cavidade para os vidros duplos anteriormente descritos. A presente análise é referente a um vidro duplo constituído por um vidro incolor comum e um vidro incolor com capa na face 3 (Fig. 64) de baixa emissividade (Anexo B.2 - VD25 a VD36).

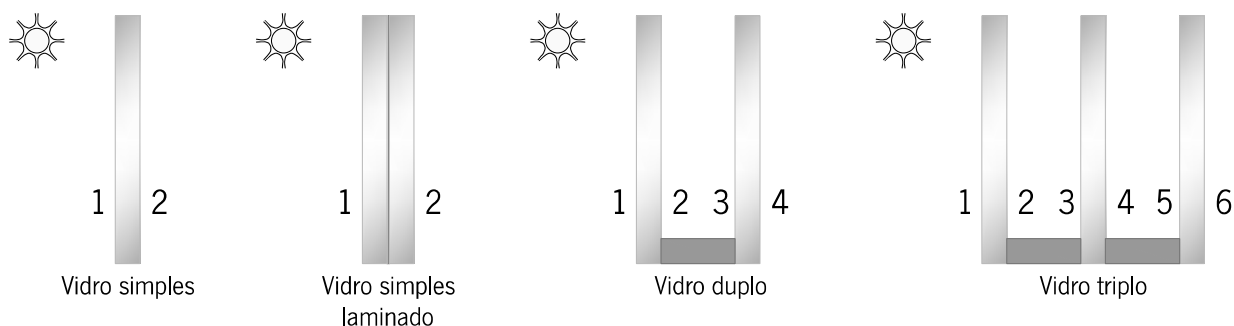


Fig. 64: Definição das faces dos vidros.

Na imagem seguinte (Fig. 65), está representada a evolução do valor de U em função da espessura da cavidade, para este tipo de vidro com painéis de 4mm de espessura, com o preenchimento da mesma em ar, árgon, cripton ou xénon, sendo a percentagem de gás de 85%. É possível verificar que é na presença de ar ou árgon que existe uma maior diferença entre o valor inicial e o melhor valor obtido para uma dada espessura. Comparativamente ao primeiro vidro duplo analisado (4...-4), com valores de U de 2,77 W/(m².K), isto, para uma cavidade com 16 mm de espessura e com preenchimento em ar, obtemos agora valores de 1,37 W/(m².K), assim sendo, devido ao vidro revestido é possível uma redução para metade do valor inicial. O mesmo se verifica, mas com uma redução um pouco mais acentuada, para os vidros com o preenchimento da sua cavidade com os gases considerados, dos quais, é na presença de xénon que obtemos sempre os valores mais baixos.

²⁸ Os vidros selectivos têm propriedades de controlo solar (reflectem a energia) e de baixa emissividade (reduzem a transmissão/perdas energéticas).

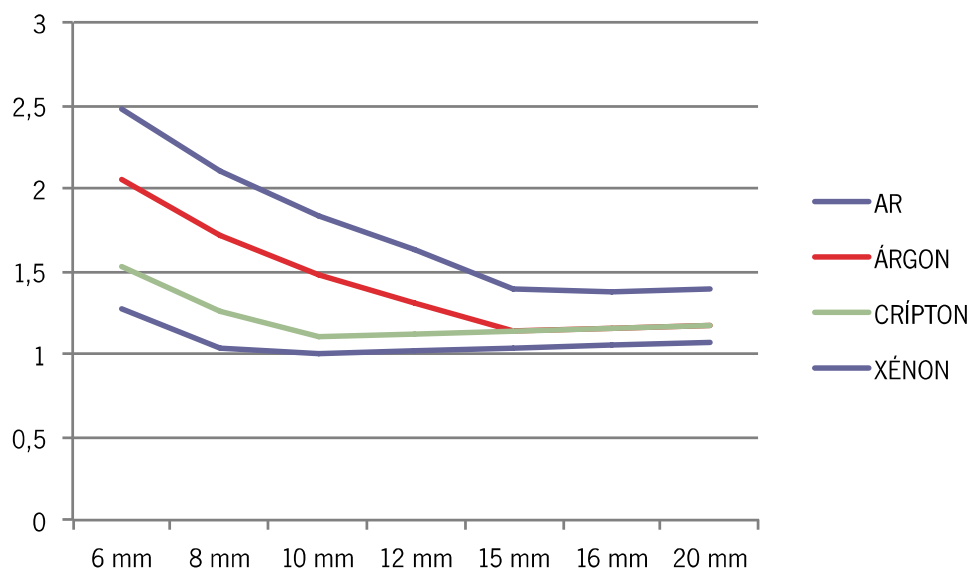


Fig. 65: Valor de U [W/(m².K)] em função da espessura e tipo de enchimento da cavidade.

Concluindo, relativamente ao valor de U , o vidro duplo permitiu reduzir os valores de, por exemplo, 5,85 W/(m².K) de um vidro simples comum com 6 mm, para 2,74 W/(m².K) de um vidro duplo comum (6-16-6), ou seja, uma redução para menos de metade nos valores comparando o vidro simples com o vidro duplo. Esta redução deve-se principalmente à introdução da cavidade entre os vidros, da qual tem de ser definida a espessura e o enchimento. Ao analisar todos os dados obtidos para o vidro duplo (Anexo B.2) confirma-se, como referido anteriormente, que o valor de U tem uma relação inversa com a espessura da cavidade, isto, até uma dada espessura, a partir da qual as transferências térmicas aumentam, mas não na mesma proporção com que reduziram (Fig. 65). Contudo, interessa referir que a espessura da cavidade que corresponde ao melhor valor de U varia consoante o tipo de preenchimento da mesma, pelo que, perante o preenchimento da cavidade com ar ou árgon obtém-se o melhor valor para espessuras de 16 e/ou 15 mm, mas, perante o preenchimento com cripton ou xénon que, apesar da sua reduzida utilização, permitem obter os melhores valores comparativamente com os anteriores e, fazem-no para espessuras mais reduzidas, através dos quais os vidros duplos obtêm o melhor valor com cavidade de 10 mm de espessura. Nesse sentido, relativamente ao enchimento com gás são também apresentados em anexo, para o melhor valor de U , o valor considerando o total preenchimento da cavidade com o respectivo gás (100%), de forma a obter o melhor valor possível.

Quanto às restantes características, apresentadas na Fig. 66 e Fig. 67, a grande alteração está patente na redução dos valores do factor solar, que se reflectem em valores mais elevados do índice de selectividade. Assim sendo, o revestimento do vidro altera, principalmente, o valor de U e o factor solar.

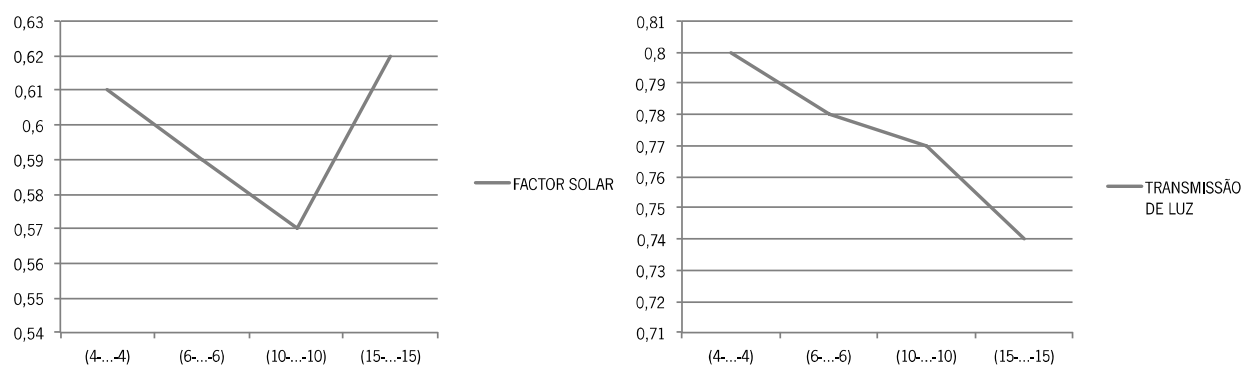


Fig. 66 a/b: Valores do factor solar (g) e transmissão de luz (TL) perante o aumento da espessura dos painéis de vidro.

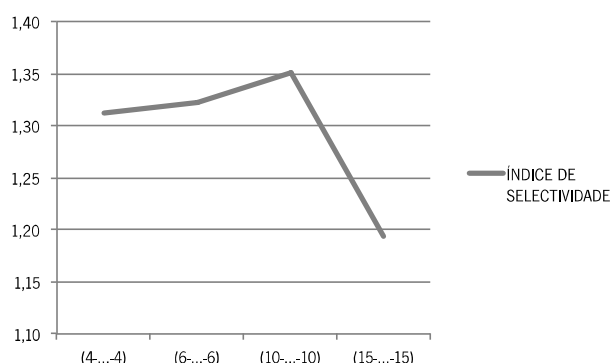


Fig. 67: Valores do índice de selectividade (S) perante o aumento da espessura dos painéis de vidro.

Após se considerar o vidro duplo anteriormente exposto, foi feito o mesmo estudo para um vidro duplo constituído por um painel de vidro incolor com capa (face 2), com dupla propriedade (baixa emissividade e controlo solar), e um painel de vidro incolor normal. Os resultados obtidos para o valor de U são iguais ao vidro duplo com revestimento (face 3) previamente analisado, contudo, as restantes características têm os seus valores alterados, principalmente, pelo aumento da reflexão e redução da absorção do vidro (Tabela 11). Neste caso foram considerados os seguintes vidros [56]:

Saint-Gobain Glass – PLANITHERM ULTRA N	Vidro incolor com uma capa (face3) fina e transparente composta por materiais de origem metálica – propriedade: baixa emissividade.
Saint-Gobain Glass - PLANISTAR	Vidro incolor com uma capa (face 2) fina e transparente composta por materiais de origem metálica – dupla propriedade: baixa emissividade e controlo solar.

Tabela 11: Vidros duplos com revestimento na face 2 ou 3.

Nº	TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
			TRANSMISSÃO (%)	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g (%)	
VD25.1	PLANILUX / AR / PLANITHERM ULTRA N	24 (4-16-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,37
VD29.1		28 (6-16-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,36
VD37.1	PLANISTAR / AR / PLANILUX	24 (4-16-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,37
VD41.1		28 (6-16-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,36

A melhoria presente neste vidro, em relação aos anteriores, está patente no valor do índice de selectividade que, perante este tipo de vidro quando constituído por painéis com 15 mm de espessura, com cavidade de

15 mm e preenchimento com 15% ar e 85% árgon, atinge o valor de 2,10, sendo assim, sinónimo de um bom desempenho.

Para terminar, foram também analisados vidros duplos constituídos por um primeiro painel de vidro colorido (na massa - apresentando propriedades de controlo solar) ou extra-claro (VD53 a VD56), já considerados para o vidro simples, com um painel de vidro incolor e, como era de prever, a alteração no primeiro vidro não se reflecte no valor de U . Sendo que, apenas é influenciado pela espessura do vidro, apresenta os mesmos valores que um vidro duplo comum (com dois painéis de vidro incolor e enchimento da cavidade com ar seco). As restantes características têm os seus valores alterados, pois, estes resultam em parte da composição e tratamento apresentados pelos painéis que compõem o vidro. Assim sendo, apresentam valores um pouco mais baixos, comparando com o primeiro painel (colorido ou extra-claro) apresentado isoladamente (vidro simples – Fig. 56, Fig. 57 e Fig. 58), o comportamento é semelhante (Fig. 68 a/b e Fig. 69).

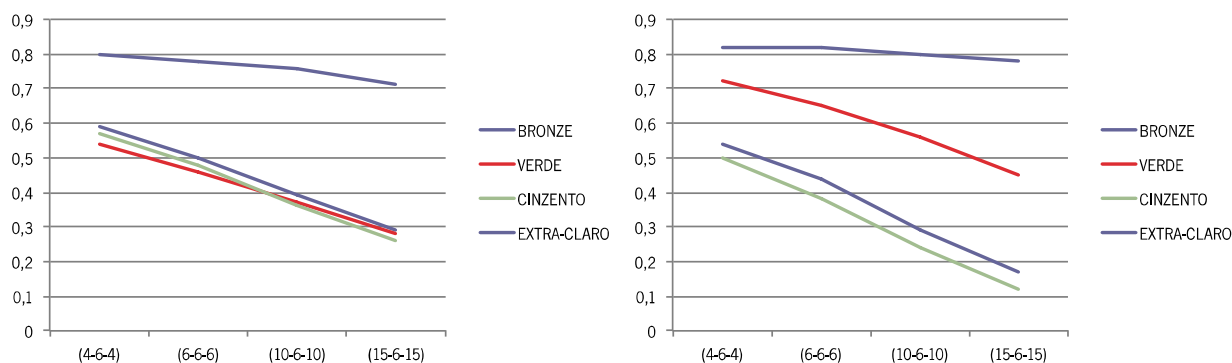


Fig. 68 a/b: Valores do factor solar (g) e transmissão de luz (T_l) perante o aumento da espessura dos painéis de vidro.

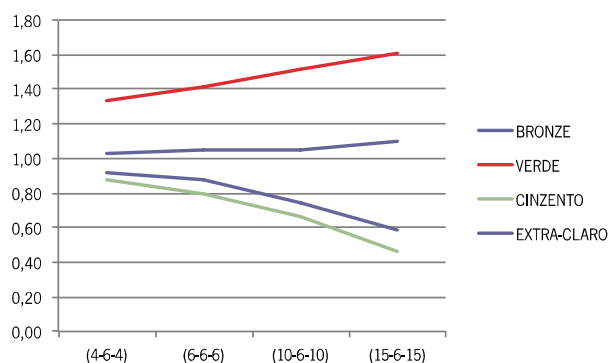


Fig. 69: Valores do índice de selectividade (S) perante o aumento da espessura dos painéis de vidro.

Relativamente ao vidro duplo laminado em comparação com os vidros duplos analisados, verifica-se o mesmo comportamento com valores semelhantes (Anexo B.2 – VDL1 a VDL12), sendo que, para o valor de U_o que é considerada é a espessura total do vidro e, a diferença para as restantes características é idêntica à existente entre o vidro simples e o vidro simples laminado.

5.2.3 VIDRO TRIPLIO (VT)

O vidro triplo é um passo em frente relativamente ao vidro duplo, pois representa mais um importante avanço em termos de desempenho térmico. Este pode ser usado para um maior controle solar e térmico, porém tem a desvantagem de ser mais pesado, mais espesso e de oferecer pouco em termos de desempenho acústico.

A escolha dos vidros triplos a analisar, apresentados em anexo (Anexo B.3), foi feita em função das opções prévias para o vidro simples e duplo, de forma a obter semelhanças e denominadores comuns, possibilitando assim, uma análise comparativa e a expressão do desenvolvimento do vidro em termos de comportamento térmico. Assim sendo, para um vidro triplo comum constituído por painéis de vidro incolor com 4 mm de espessura, através da variação da espessura e do tipo de enchimento das cavidades, obteve-se os resultados apresentados na Fig. 70 (considera os resultados obtidos para os vidros de VT1 a VT4).

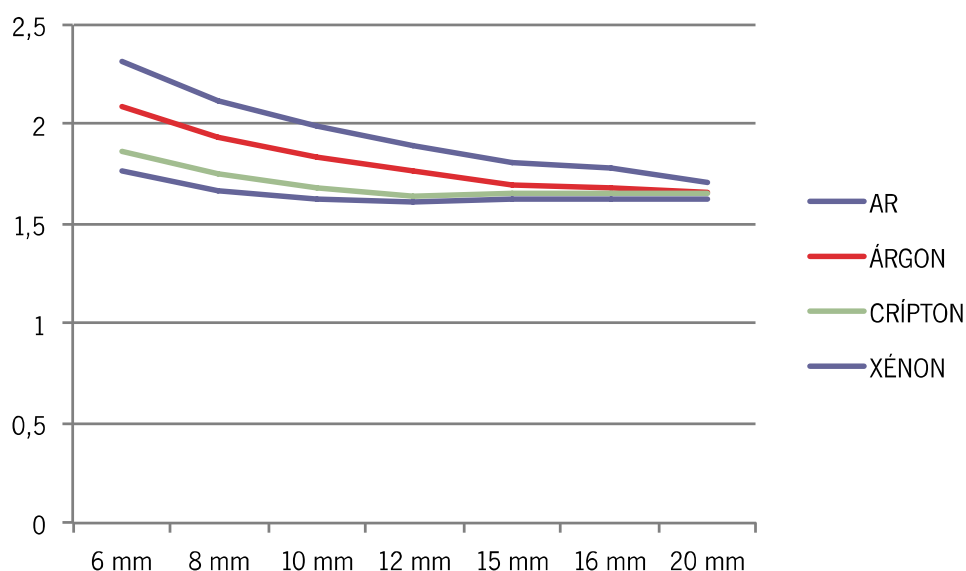


Fig. 70: Valor de $U [W/(m^2.K)]$ em função da espessura e tipo de enchimento da cavidade.

Importa referir que o mínimo valor de U é atingido para uma maior espessura das cavidades, isto relativamente ao vidro duplo. E que o vidro triplo comum (constituído por três painéis de vidro incolor) permite reduzir em 1 valor o coeficiente de transmissão térmica comparativamente ao vidro duplo comum. Concluindo, para o valor de U , através duma análise comparativa entre a Fig. 70 e a Fig. 71a, é possível verificar que os factores que mais o influenciam são a espessura e o tipo de enchimento da cavidade, em depreciação do aumento da espessura do vidro que apresenta uma menor redução do mesmo.

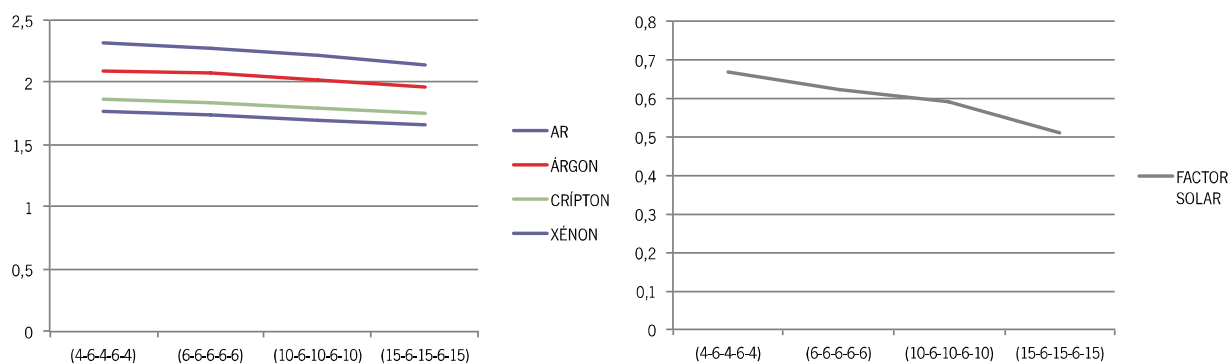


Fig. 71 a/b: Valor de U e factor solar do vidro triplo perante o aumento da espessura dos seus painéis.

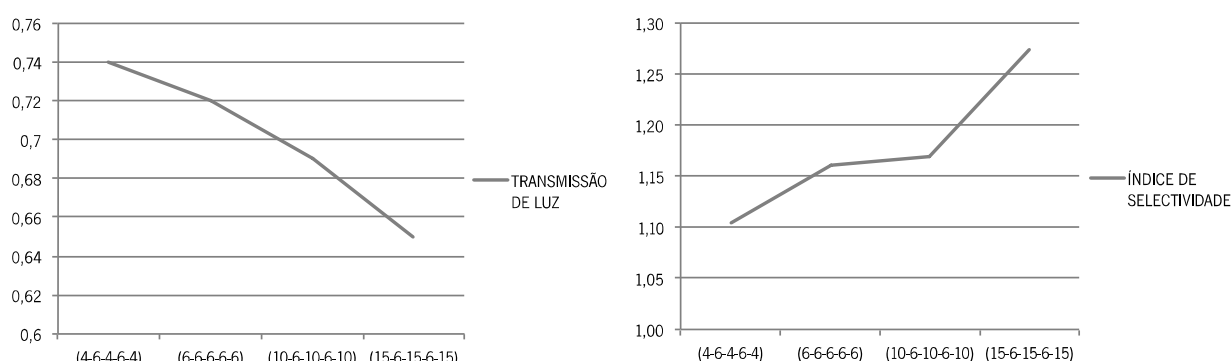


Fig. 72 a/b: Transmissão de luz e índice de selectividade para o vidro triplo perante o aumento da espessura dos seus painéis.

Quanto às restantes características, representadas nas Fig. 71b e Fig. 72a/b, estas apresentam valores mais baixos em relação ao vidro duplo, mas a linha que caracteriza o seu comportamento é muito semelhante.

Posteriormente, procurando maximizar o isolamento térmico do vidro triplo, foi analisada a opção de alterar o painel interior e o intermédio por um painel de vidro incolor com revestimento de baixa emissividade (VT5 a VT8), bem como a possibilidade de substituir o painel exterior e o intermédio por um painel de vidro incolor com revestimento, com propriedades de controlo solar e baixa emissividade (VT9 a VT12). Alguns resultados obtidos estão patentes na figura seguinte (Fig. 73a/b) e expressam a importância do revestimento do vidro para obter bons resultados em termos de isolamento térmico.

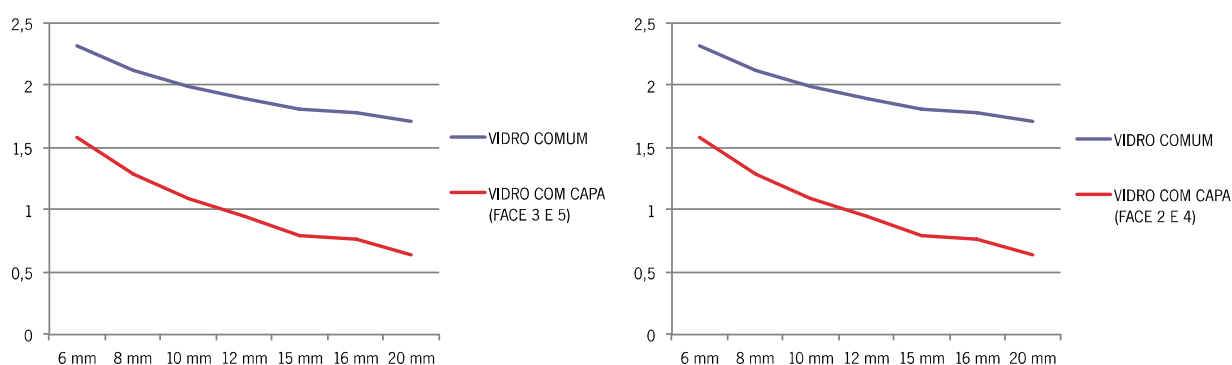


Fig. 73 a/b: Valor de U para o vidro triplo comum e com capa, em função da espessura da cavidade (preenchimento com ar).

Concluindo, através da imagem anterior e dos dados em anexo, verifica-se que para as duas opções de vidro triplo revestido, a cada espessura e tipo de enchimento da cavidade corresponde sempre o mesmo valor de U , ou seja, este não foi alterado pela posição distinta do revestimento entre as duas opções. O mesmo não se reflecte nas restantes características, sendo que, a segunda opção (Fig. 73b) à semelhança do exposto na Tabela 11 para o vidro duplo, apresenta uma redução no valor da transmissão de luz e do factor solar, que se reflectem num aumento, em relação à primeira opção, do índice de selectividade de 1,46 para 1,97.

Tabela 12: Vidros triplos com revestimento faces 3 e 5 ou 2 e 4.

Nº	TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
			TRANSMISSÃO (%)	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g (%)	
VT5.7	PLANILUX / PLANITHERM ULTRA N /PLANITHERM ULTRA N	52 (4-20-4-20-4)	0,7	0,33	0,33	0,35	0,47	0,64
VT6.7		52 (4-20-4-20-4)	0,7	0,33	0,33	0,35	0,47	0,52
VT9.7	PLANISTAR / PLANISTAR / PLANILUX	52 (4-20-4-20-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,64
VT10.7		52 (4-20-4-20-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,52

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA

O vidro simples, que era o vidro padrão até meados da década de 1970, é responsável por grandes perdas térmicas [Painel de 4mm tem por valor de $U - 5,92 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$]. Devido à crescente consciência desse comportamento, o vidro duplo tornou-se mais comum, com o seu valor de U melhorado para cerca de $3 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. E foi através das possíveis conjugações do vidro isolante, associado ao vidro temperado e laminado, que possibilitaram atingir maior segurança e resistência, que em parte, desencadeou a crescente utilização do vidro.

Posteriormente, quando a tecnologia do vidro duplo foi combinada com a possibilidade criar revestimentos transparentes em vidro, estes permitiram reduzir para metade as perdas de energia específica. Pois, em contraste com os metais que irradiam cerca de 2 a 10% da energia absorvida, pelo que, têm um valor de emissividade baixo, os vidros não possuem esta propriedade favorável. Sendo que, mais de 80% do calor absorvido é emitido através da sua superfície. De forma a combinar a transparência do vidro com as excelentes propriedades de emissão dos metais preciosos, estes são depositados sobre o vidro na forma de filmes finos. Estes são transparentes à luz do sol, mas simultaneamente reduzem a emissividade do vidro de forma muito eficaz.

Actualmente, o estado da arte em termos de desempenho térmico, relativamente ao coeficiente de transmissão térmica para vidros duplos com isolamento térmico (capa de baixa emissividade), é aceite o valor de $1,1 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ (exemplos - VD26.5 ou VD30.5). Para os vidros triplos, podem ser alcançados valores de U_{ain}

da mais baixos, até cerca de $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ (exemplos - VT6.7 ou VT7.5). O que, representa apenas um décimo das perdas térmicas do vidro simples. O gráfico seguinte (Fig. 74) demonstra essa relação apresentando a evolução do valor de U desde o vidro simples (4 mm) ao vidro triplo (4-15-4-15-4), com base nos vidros analisados e previamente apresentados. Sendo que, para o vidro duplo e triplo, com 15 mm de espessura de cavidade e o enchimento com argon (85%), foi considerada a opção de substituir um e dois painéis, respectivamente, por painéis de vidro com capa (baixa emissividade e controlo solar).

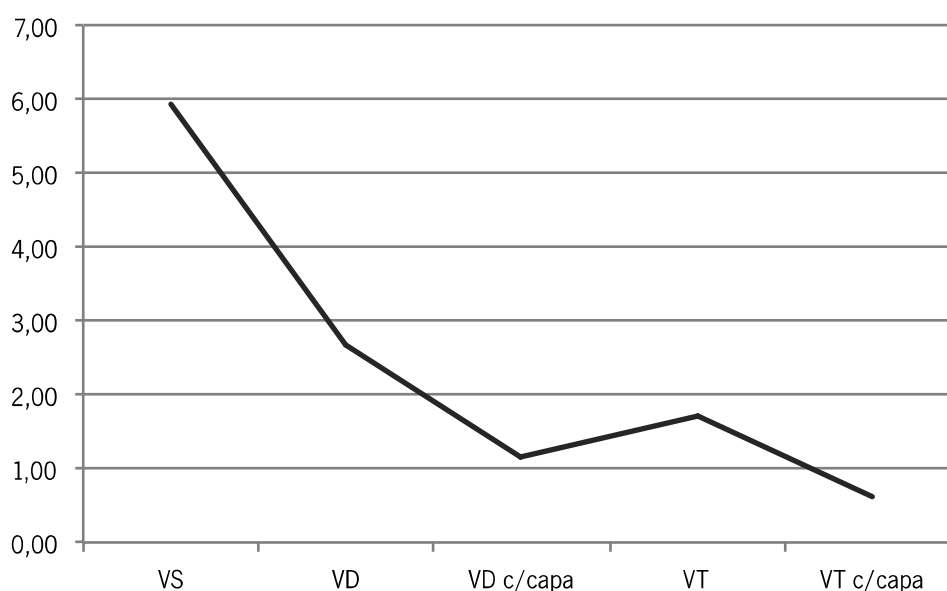


Fig. 74: Evolução do valor de U [$\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$] do vidro simples ao triplo, com ou sem revestimento.

Contudo, há muito mais para os vidros isolantes do que apenas a montagem das folhas de vidro. Sendo que, para o vidro duplo e triplo, consoante o tipo de enchimento da cavidade, existe uma espessura ideal para esta que permite maximizar o efeito de isolamento. Pois, com painéis muito juntos temos perda de calor por radiação e, muito afastados leva à criação de correntes de gás que provocam perdas de calor por convecção [59]. A cavidade deve ser preenchida com gás inerte, uma vez que proporciona maior isolamento que o ar devido à baixa condutividade térmica. Sendo que, o argon é comumente usado pois é mais barato de produzir e é cerca de 1/3 melhor que o vidro isolante com ar.

De forma a reforçar o desempenho térmico do vidro duplo, pelo menos o painel interior, e para o vidro triplo, idealmente também o painel intermédio, estes devem ter um revestimento de baixa emissividade. O revestimento de baixa emissividade, constituído por uma fina camada de metal, é normalmente, aplicado directamente sobre o vidro ou, em certos casos, num filme de plástico que por sua vez é ligado ao vidro. Dependendo do metal que constitui o revestimento do vidro, este adquire diferentes características. Pois a sua principal função é impedir que a energia gerada no interior, para aquecimento ou arrefecimento dos espaços, seja difundida para o exterior, conseguindo dessa forma consumos energéticos menores e, consequentemente, poupança de energia.

Concluindo, o impacto e importância do revestimento do vidro relativamente ao seu desempenho térmico está representado na Fig. 74, no sentido em que é possível verificar que um vidro duplo com capa (dupla propriedade: baixa emissividade e controlo solar) tem um melhor desempenho (menor valor de U) que um vidro triplo comum, sendo que, só o vidro triplo com dois painéis revestidos permite obter um valor mais baixo. No gráfico seguinte (Fig. 75), é possível ver claramente a diferença de valores entre os vidros com e sem revestimento, perante a alteração do tipo de enchimento da cavidade. Apesar dos valores mais baixos serem apresentados pelo vidro triplo com capa, a diferença é mais acentuada entre os vidros duplos que os triplos.

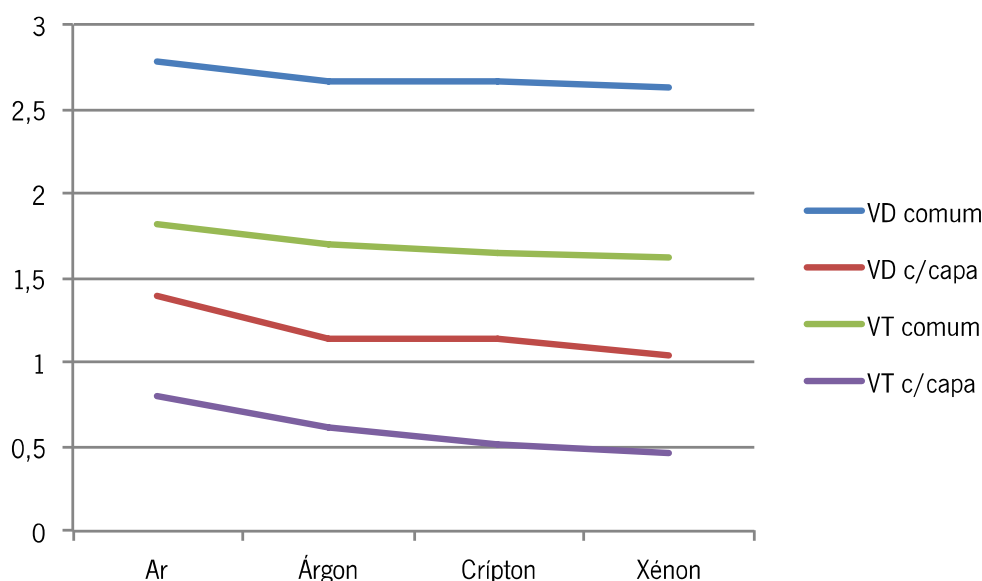


Fig. 75: Valor de U [W/(m².K)] para o vidro duplo e triplo, com e sem capa, em função do enchimento da cavidade.

Nas tabelas 14, 15 e 16 são apresentados alguns dos principais factores a considerar na escolha e prescrição de vidro, bem como os dados correspondentes considerando alguns dos vidros duplos e triplos analisados, através dos quais é possível verificar a evolução do vidro e qual a melhor opção, relativamente ao seu comportamento em termos globais. Inicialmente, para obter uma relação com o comportamento do vidro simples é apresentado um exemplo analisado na Tabela 13.

Tabela 13: Exemplos de um vidro simples versus um vidro duplo.

Dados Técnicos	Vidro PLANILUX - vidro incolor	
	Vidro simples – 4 mm	Vidro duplo, 4-15-4 (ar)
Dimensões [mm]		
Transmissão luminosa TL [%]	0,90	0,82
Factor Solar g [%]	0,86	0,76
Índice de selectividade IS [%]	1,05	1,08
Valor de U [W/(m².K)]	5,92	2,78

Considerando, um vidro duplo e um vidro triplo comuns (Tabela 14) com 15 mm de espessura nas cavidades e, os diferentes tipos de enchimento da mesma, podemos verificar que existe uma redução no valor de U de cerca de 1 W/(m².K). Os restantes dados não apresentam uma redução tão acentuada, mas é visível o facto de os valores referentes à transmissão luminosa, ao factor solar e, consequentemente, ao índice de selectivi-

dade não se alteram com o tipo de enchimento, nem com a variação da espessura da cavidade (análise prévia). Assim sendo, os únicos factores que definem estes valores são o tipo e a espessura do vidro. Estes diminuem conforme se aumentam as espessuras dos vidros duplos e triplos. Já o isolamento térmico (valor de U), melhora com a espessura e enchimento da cavidade, pelo que, com ar e árgon o ideal é 15 ou 16 mm.

Tabela 14: Caracterização do comportamento do vidro duplo e triplo comum.

Dados Técnicos de várias unidades de vidros isolantes	Vidros PLANILUX - vidro float incolor, um produto de base para o fabrico de outros vidros transformados							
Dimensões (painel/cavidade/painel) [mm]	Vidro duplo, 4-15-4				Vidro triplo, 4-15-4-15-4			
Preenchimento da Cavidade (concentração de gás $\geq 85\%$)	Ar	Árgon	Cripton	Xénon	Ar	Árgon	Cripton	Xénon
Transmissão luminosa T_L [%]	0,82	0,82	0,82	0,82	0,74	0,74	0,74	0,74
Factor Solar g [%]	0,76	0,76	0,76	0,76	0,68	0,68	0,68	0,68
Índice de selectividade IS [%]	1,08	1,08	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09
Valor de U [W/(m ² .K)]	2,78	2,66	2,66	2,62	1,81	1,70	1,65	1,62

Nas tabelas seguintes, com a mesma lógica da anterior, são apresentados os dados referentes aos vidros duplos e triplos com capa. Inicialmente, são considerados vidros baixo emissivos (Tabela 15) que aumentam consideravelmente o isolamento térmico, devido ao tratamento da sua superfície com metais nobres, como a prata, que conferem ao vidro um elevado poder de resistência à transmissão energética. Considerando a espessura da cavidade com 15 mm, o valor de U situa-se em 1,4 W/(m².K). Além disso o seu aspecto é transparente, com uma ligeira tonalidade cinza, sem reflexo luminoso e, portanto, com uma elevada transmissão de luz. Se for aplicado com árgon o valor de U baixa até 1,14 W/(m².K).

Tabela 15: Caracterização do comportamento do vidro duplo e triplo com capa de baixa emissividade.

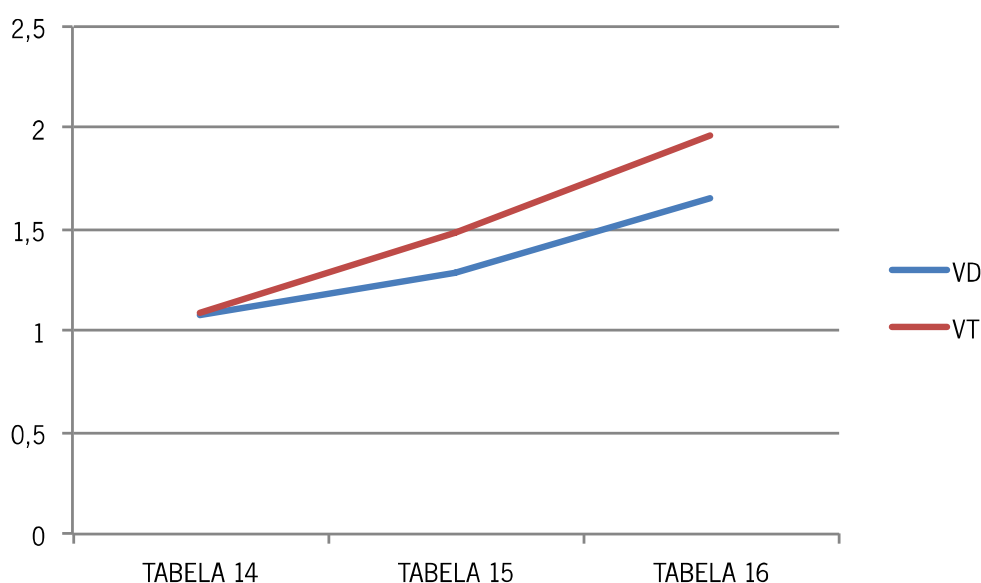
Dados Técnicos de várias unidades de vidros isolantes	Vidros PLANILUX / PLANITHERM ULTRA N – um painel de vidro float incolor e um ou dois painéis de vidro com capa de baixa emissividade (face 3/3 e 5).							
Dimensões (painel/cavidade/painel) [mm]	Vidro duplo, 4-15-4				Vidro triplo, 4-15-4-15-4			
Preenchimento da Cavidade (concentração de gás $\geq 85\%$)	Ar	Árgon	Cripton	Xénon	Ar	Árgon	Cripton	Xénon
Transmissão luminosa T_L [%]	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70
Factor Solar g [%]	0,62	0,62	0,62	0,62	0,48	0,48	0,48	0,48
Índice de selectividade IS [%]	1,29	1,29	1,29	1,29	1,49	1,49	1,49	1,49
Valor de U [W/(m ² .K)]	1,40	1,14	1,14	1,04	0,80	0,62	0,51	0,46

Posteriormente, ao analisar um vidro duplo e triplo com capa, mas em diferentes faces, que soma às características de baixa emissividade propriedades de controlo solar, que lhe permitem “filtrar” a energia solar, reduzindo deste modo a quantidade de calor proporcionada pelo sol que penetra no edifício através do vidro. Este apresenta os mesmos valores para o coeficiente de transmissão térmica que o anterior, ou seja, a posição da capa não interfere. Contudo, relativamente às restantes características a diferença nos valores é acentuada, em particular no aumento do índice de selectividade.

Tabela 16: Caracterização do comportamento do vidro duplo e triplo com capa de dupla propriedade.

Dados Técnicos de várias unidades de vidros isolantes	Vidros PLANISTAR / PLANILUX – um ou dois painéis de vidro com capa de controlo solar e baixa emissividade, e um painel de vidro float incolor (face 2/2 e 4).							
Dimensões (painel/cavidade/painel) [mm]	Vidro duplo, 4-15-4				Vidro triplo, 4-15-4-15-4			
Preenchimento da Cavidade (concentração de gás $\geq 85\%$)	Ar	Árgon	Cripton	Xénon	Ar	Árgon	Cripton	Xénon
Transmissão luminosa T_L [%]	0,71	0,71	0,71	0,71	0,57	0,57	0,57	0,57
Factor Solar g [%]	0,43	0,43	0,43	0,43	0,29	0,29	0,29	0,29
Índice de selectividade $/S$ [%]	1,65	1,65	1,65	1,65	1,97	1,97	1,97	1,97
Valor de U [$W/(m^2.K)$]	1,40	1,15	1,14	1,04	0,80	0,62	0,51	0,46

O vidro triplo, considerando a transmissão de luz e o factor solar, tem valores mais baixos que o vidro duplo. Porém, da diferença entre ambos resulta um maior índice de selectividade (Fig. 76), pelo que, tem um melhor comportamento. Porém, é importante verificar se o valor de T_L é adequado à utilização do edifício.

Fig. 76: Evolução do valor do índice de selectividade ($/S$) para o vidro duplo e triplo.

Concluindo, dos factores considerados e com base nos dados obtidos, verifica-se que a transmissão luminosa, o factor solar e o índice de selectividade, são definidos pelo tipo de vidro, tendo em conta a sua composição e espessura. Em relação ao coeficiente de transmissão térmica, os factores decisivos são: a espessura do vidro (independentemente da sua composição, para uma dada espessura o valor mantém-se constante), e a espessura e enchimento da cavidade. A quando da selecção do vidro é fundamental para obter um melhor desempenho térmico considerar as características acima mencionadas, procurando que cada factor seja adequado ao local, aplicação, orientação e utilização dos espaços.

A Fig. 77 tem por base os vidros considerados na Fig. 74 e, pretende apresentar o comportamento do vidro perante os quatro factores analisados. Mais uma vez, o vidro triplo com capa apresenta os melhores resultados, com excepção do valor de transmissão luminosa (T_L), porém é provável que na relação entre custo e benefício o vidro duplo com capa seja a melhor opção.

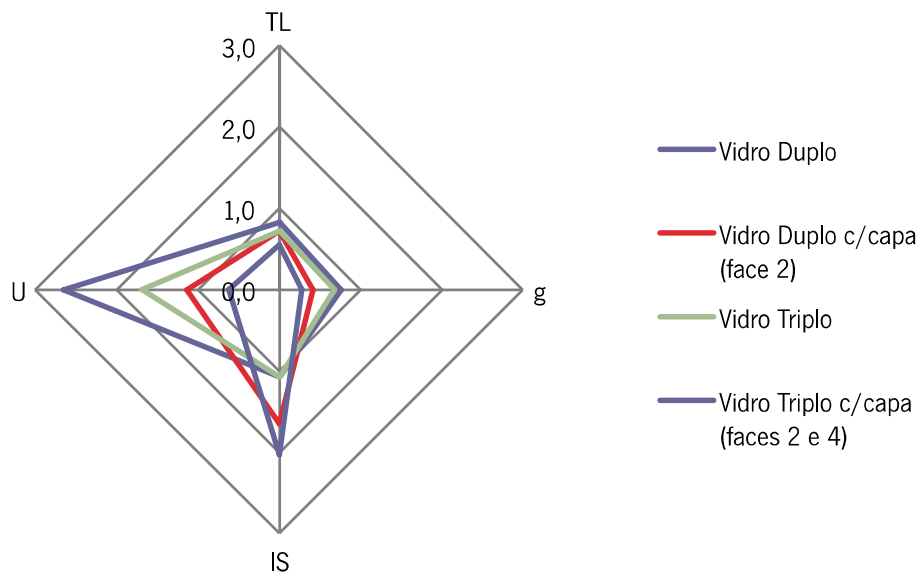


Fig. 77: Comparação entre vidro duplo e triplo.

Da abordagem histórica é possível concluir que a aplicação do vidro foi sempre tida como sinónimo de evolução para a arquitectura. Se inicialmente, eram a evolução das técnicas e dos meios de produção que estabeleciam, através dos produtos disponíveis, a manipulação e concepção da arquitectura, actualmente é a criatividade dos projectistas que impulsionam a indústria, de forma a responder ao desafio proposto.

O uso do vidro como elemento construtivo na projecção de fachadas abarca uma grande complexidade. Para uma correcta aplicação, de forma a tirar o máximo partido das suas características, é fundamental um grande rigor técnico no domínio da sua aplicação, o conhecimento das suas propriedades e a correcta adaptação a cada caso em particular. Actualmente, a indústria do vidro procura desenvolver tipos de vidro e revestimentos mais eficientes, idealmente com valores de g e U dinâmicos, no sentido de responder mais eficazmente às necessidades de conforto do utilizador e à alteração das condições exteriores (fachadas “inteligentes”). No futuro, podemos esperar que as fachadas sejam menos “simples”, ou seja, mais complexas e dinâmicas. Contudo, isto pode ser possível com menos material e equipamento mecânico.

A mudança dos requisitos da envolvente leva a novas soluções, que em troca criam novas expectativas, que rapidamente são consolidadas em novos requerimentos. O constante objectivo pelo aumento da transparência da envolvente de vidro, alcançada através da redução da estrutura e sistemas de suporte, e o aumento da gama de materiais, têm desempenhado um papel chave nesta mudança. Estas tendências estão a tornar a fachada de vidro ainda mais complexa, clara, arriscada de projectar e de construir.

Cada uma das fachadas projectadas até à data deixa espaço para melhorias. Seja a lidar com o sobreaquecimento de Verão ou o arrefecimento de Inverno, alta manutenção e limpeza, ou o problema psicológico resultante da ausência de janelas (aberturas). Contudo, não há uma única opção que responda eficazmente a todas as situações. A solução passa pela optimização da relação custo e benefício, que deve ser considerada em cada caso para verificar qual a estrutura, acabamento, desenho da fachada e tipo de vidro, pois a melhor relação representa a solução mais apropriada. É decisivo que as nossas fachadas tentem combinar uma envolvente que responda aos requisitos térmicos (ecológica) e que seja economicamente viável.

Concluindo, o desenvolvimento do desempenho e aplicação do vidro são factores que tem evoluído paralelamente, como resultado desta sinergia o vidro mais do que qualquer outro material tem excedido as expectativas, não sendo possível perspectivar um limite para as suas potencialidades.

7.1 REFERÊNCIAS TEXTO

- [1] SILVA, João Pedro L. M. da (2005/06); “*Reflexos do Vidro*”. Prova Final para Licenciatura em Arquitetura, FAUP, p.8
- [2] SAINT-GOBAIN Glass Portugal; Entrevista ao Arquitecto Souto Moura - Newsletter n°. 76, Dezembro 2008
- [3] MONEO, R. La llegada de una nueva técnica a la arquitectura: las estructuras de hormigón, Monografía n° 11 de la Cátedra de Elementos de Construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona apud CHEDA, José Benedito Rodriguez e BLAS, António Raya de, Arquitectura do Vidro. Tectónica 10 – Vidrio (I), Monografía de arquitectura, tecnología y construcción, p. 5 (tradução própria)
- [4] Site da Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Royal_Botanic_Gardens,_Kew, visitado em 07.10.2011
- [5] SCHEERBART, Paul, Glasarchitektur, capítulo 1, 1914 apud SILVA, João (2005/06); “*Reflexos do Vidro*”, FAUP, p.33
- [6] Blog “Teoria e História das Artes e Arquitetura II”: <http://thaa2.wordpress.com/2009/07/23/a-cadeia-de-cristal-e-o-uso-do-vidro-no-expressionismo/>, visitado a 18.11.2011
- [7] <http://www.esfcastro.pt:8079/users/franciscosilva/Arquiteturafuncionalista.html>, visitado a 28.08.2011
- [8] Blog “don't miss it”: <http://apollogirl.wordpress.com/2010/03/09/on-the-road/>, visitado a 18.11.2011
- [9] VAN DER ROHE, Mies (1968), citado em Glass in architecture, Phaidon, Londres 1996, p.54
- [10] Site Eikongraphia Iconography: <http://www.eikongraphia.com/?p=111>, visitado a 18.11.2011
- [11] Site da Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Maison_de_verre_Chareau.jpg, visitado a 18.11.2011
- [12] Site “new york architecture”: <http://nyc-architecture.com/UES/UES012.htm>, visitado a 18.11.2011
- [13] Site “e-architect”: http://www.e-architect.co.uk/chicago/farnsworth_house.htm, visitado a 18.11.2011
- [14] Site ArchiTakes:
<http://www.architakes.com/wp-content/uploads/2010/03/50-x-50-House-plan11.jpg>, visitado a 20.11.2011
- [15] Site do gabinete Foster and Partners: <http://www.fosterandpartners.com/Practice/Default.aspx>, visitado a 18.11.2011
- [16] Site da Wikipedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Foster_-_Willis_building_-_window_support_detail.jpg, visitado a 18.11.2011
- [17] Site: <http://deconarch.files.wordpress.com/2008/03/800px-musee-sciences-villette-ext.jpg>, visitado a 18.11.2011
- [18] Site STRUCTURE magazine: <http://www.structuremag.org/article.aspx?articleID=476>, visitado a 18.11.2011
- [19] Site do gabinete Architectonica: <http://arquitectonica.com>, visitado a 12.10.2011
- [20] HYATT, Peter, HYATT, Jenny (2004). “*Designing with Glass: Great Glass Buildings*”, Images Publishing.
- [21] Site Foster and Partners: <http://www.fosterandpartners.com/projects/1004/default.aspx>, visitado a 20.11.2011
- [22] Site da Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/30_St_Mary_Axe, visitado a 20.11.2011

- [23] Site archikids: <http://www.archikids.org.uk/gallery/pictures/Blinkinggherkin.jpg>, visitado a 20.11.2011
- [24] Site do gabinete Murphy/Jahn: <http://www.murphyjahn.com/DP.html>, visitado a 20.11.2011
- [25] Site GDA design group: <http://gdadesigngroup.blogspot.com/>, visitado a 20.11.2011
- [26] Site Deutsche Post and DHL:
http://www.dp-dhl.com/en/media_relations/media_library/fotos/post_tower_03_2002.html, visitado a 20.11.2011
- [27] MOCIBOB, Danijel (2008); “*Glass Panel under Shear Loading - Use of Glass Envelopes in Building Stabilization*”, Tese n.º 4185, Escola Politécnica de Lausanne.
- [28] Site The New York Times: <http://www.nytimes.com/2006/08/28/arts/design/28sana.html>, visitado em 12.10.2011
- [29] Site do Museu de Arte de Toledo: <http://www.toledomuseum.org/visit/campus-maps>, visitado a 12.10.2011
- [30] *Revista Arquitetura e Arte* n.º 55 – Março 2008
- [31] Site do gabinete 3deluxe: <http://www.3deluxe.de/>, visitado em 12.10.2011
- [32] Site da Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Osaka_Maritime_Museum, visitado em 12.10.2011
- [33] BALDASSINI, Niccolò; *Hidden and Expressed Geometry of Glass, Challenging Glass 2008*.
- [34] Site free-D.nl: http://free-d.nl/frontend_dev.php/project/show/id/458/subCat/shape, visitado a 20.11.2011
- [35] Site do gabinete RFR: <http://www.rfr-group.com/index.php?id=55>, visitado a 20.11.2011
- [36] Blog Arquitectura e Urbanismo: <http://arquitetoroger.blogspot.com/2011/08/harpa-concert-e-conference-centre.html>, visitado a 20.11.2011
- [37] Site dos arquitectos Barkow Leibinger: <http://www.barkowleibinger.com/>, visitado a 20.11.2011
- [38] COMISSÃO EUROPEIA – *Nova estratégia da UE para o desenvolvimento sustentável*. CE: Bruxelas, 2006
- [39] AAV; *A Green Vitruvius – Princípios e Práticas de projectos para uma Arquitectura Sustentável*, Ordem dos Arquitectos; 2001. (pág.121)
- [40] Luis de Garrido (2001-2008): “*Análises de Proyectos de arquitectura sostenible: Naturalezas artificiales*”, McGraw-Hill, Madrid
- [41] Site do facebook - LUIS DE GARRIDO (Álbuns):
<http://www.facebook.com/media/set/?set=a.497727765590.388234.480671345590>, visitado a 20.11.2011
- [42] MARTINS, João Guerra e PINTO, Emanuel Lopes (2004). “*Materiais de construção I - O Vidro*”. Série Materiais.
- [43] WELLER, Bernhard; HARTH, Kristina; TASCHE, Silke; UNNEWEHR, Stefan (2009). “*Glass in Building – Principles, Applications, Examples*”. Birkhäuser Edition Detail.
- [44] HALDIMANN M, Luible A, Overend M. “*Structural use of glass*”, Structural Engineering Documents, 10, International Association for Bridge and Structural Engineering, 2008 apud CRUZ, Paulo J.S.; CARVALHO, Paulo; LEBET, Jean-Paul (2009). Explorar os Limites da Conjugação do vidro e de Elementos Metálicos em Edifícios. VII Congresso de Construção Metálica e Mista, Lisboa
- [45] PINTO, Armando (2008); “*Componentes de Edifícios – Aspectos de segurança e resistência mecânica do vidro*”, edição LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

- [46] Bellapart, Francesc Arbós; “*El Vidrio en la Ingeniería Estructural: Propiedades Esenciales*” - Bellapart, SAU (Vidrio: Propiedades Estructurales y Aplicaciones Arquitectónicas)
- [47] HEGGER, Manfred; DREXLER, Hans; ZEUMER, Martin; “*Materials*”, Birkhauser. (pág. 63)
- [48] Bellapart, Francesc Arbós; “*Estabilidad post-rotura en la fijación puntual de vidrios laminados*” - Bellapart, SAU
- [49] Jacob, L. – “*A Review of the Nickel Sulphide induced fracture in tempered glass*”. In Glass Processing Days 2003. Tampere: 2003.
- [50] CRUZ, Paulo J.S.; CARVALHO, Paulo; LEBET, Jean-Paul (2009); “*Explorar os Limites da Conjugação do vidro e de Elementos Metálicos em Edifícios*”. VII Congresso de Construção Metálica e Mista, Lisboa.
- [51] NP EN 1096-4:2010 (Ed. 1) – “Vidro na construção. Vidro revestido. Parte 4: Avaliação da conformidade / Norma de produto”.
- [52] HEGGER, Manfred; AUCH-SCHWELK, Volker; FUCHS, Matthias; ROSENKRANZ, Thorsten; “*Construction Materials Manual*”. Birkhäuser Edition Detail, Munich. pp. 84-89/104-118
- [53] SIEBERT, Barbara (2009); “*Modern Facades of tall buildings*” – Glass Performance Days.
- [54] Site: www.sevesglassblock.com/usr/foto/catalogo/big/hermes_1.jpg, visitado a 12.10.2011
- [55] Site: <http://www.galinsky.com/buildings/hermes/index.htm>, visitado a 12.10.2011
- [56] Sain-Gobain Glass Portugal (2008). *Manual do Vidro*.
- [57] Site Pilkington: <http://www.pilkington.com/products/bp/downloads/tools/spectrum/default.htm>, visitado a 26.12.2011
- [58] Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.
- [59] Site The triple glazing buyer's guide: <http://www.tripleglazing.com/structure.html>, visitado a 15.11.2011

7.2 LIVROS / TESES / ARTIGOS

WIGGINTON, Michael (1996). *Glass in architecture*, 1 st. ed. – London, Phaidon.

SCHITTICH, Christian; STAIB, Gerald; BALKOW, Dieter; SCHULER, Matthias; SOBEK, Werner (1999). *Glass Construction Manual*. Basel, Birkhäuser Edition Detail.

NISSE, Rob (2003). *Glass in Structures: Elements, Concepts, Designs*. Basel, Birkhäuser Edition Detail.

WURM, Jan (...). *Glass Structures: Design and Construction of Self-Supporting Skins*. Basel, Birkhäuser Edition Detail.

LOUGHRAN, Patrick (2003). *Falling Glass: An Analysis of Building Failures*, Birkhäuser.

Dutton, Hugh; Rice, Peter (...). *Structural Glass*. Basel, Birkhäuser Edition Detail.

CRUZ, Paulo J.S. e PEQUENO, João (2005). *O Vidro na Arquitetura*. Arte & Construção.

MOURA, Ana Rita (2005). *Fachadas em vidro exterior Agrafado – Tecnologia de Fachadas*. 10º Mestrado em Construções Cívicas, FEUP.

MENDONÇA, Paulo (2005). *Habitar sob uma segunda pele – Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções solares Passivas em Climas Temperados*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil – Universidade do Minho, Guimarães.

SCHITTICH, Christian (2006). *In Detail: Building Skins*. Basel, Birkhäuser - Edition Detail.

FARIA, Pedro; HENRIQUES, João; REBORDÃO, Ilina; PINTO, Filipe (2006). *Fachadas em Vidro*. Cadeira de Tecnologia da Construção de Edifícios, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

TIRONE, L.; NUNES, Ken (2007). *Construção Sustentável – Soluções Eficientes Hoje a nossa riqueza de amanhã*. Edição Tirone Nunes, S.A, Sintra.

COSTA, Bruno (2007). *Análise e Dimensionamento de Vigas Mistas Madeira-Vidro*. Relatório de Projecto Individual - Escola de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães.

COSTA, Eduardo (2007/08). *A Utilização do Vidro na Arquitectura: reflexão entre a Estética e a Ética*. Prova Final para Licenciatura em Arquitectura, FAUP.

Pinto, Armando (2008). *Componentes de Edifícios – Aspectos de segurança e resistência mecânica do vidro*. ICT Informação Técnica / Edifícios - ITE 52, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

HERZOG, Thomas; KRIPPNER, Roland; LANG, Werner (2008). *Façade Construction Manual*. Basel, Birkhäuser Edition Detail.

7.3 REVISTAS

Tectónica nº10, *Vidrio I*, Monografia de arquitectura, tecnología y construcción.

Tectónica nº16, *Muro Cortina*, Monografia de arquitectura, tecnología y construcción.

Boletín nº 16 ao 28, *info Glass*-Vitro, Vitro Chaves Indústria de Vidro.

A. FERRAMENTA - VITRAGES DÉCISION

O VITRAGES DÉCISION²⁹ é uma ferramenta de cálculo desenvolvida para fachadas, constituído por 12 módulos capazes de desenvolver todos os cálculos térmicos e mecânicos necessários para medir e verificar os envidraçados. Utilizado por muitos profissionais do vidro, constitui um suporte de avaliação comum a vários intervenientes: fabricantes de vidro plano, construtores de fachadas, arquitectos, etc., e oferece as seguintes principais funções:

- Características de transmissão de luz e solares;
- Factor solar, valor de U_g ;
- Temperaturas máximas;
- Choque térmico;
- Junta de Vedação;
- Vidro exterior colado / Vedante do vidro estrutural;
- Tensões e deformações;
- Atelier para trabalhar o vidro;
- Medição da espessura do vidro (DTU 39).

O programa VITRAGES DÉCISION apresenta como módulo básico – vidros térmicos, no qual são considerados: o factor solar (g); o coeficiente de transmissão térmica (U); as temperaturas máximas atingidas pelos componentes do vidro; o clima; e as características luminosas.

O Módulo de análise do risco de choque térmico é a grande vantagem deste programa, fornecendo um diagnóstico preciso para a escolha de vidros, em função das tensões térmicas a que são submetidos. E os cálculos da espessura do vidro são necessários para garantir a resistência do vidro ao vento e à neve. Este módulo não só permite um dimensionamento segundo a DTU 39 actual, mas também um cálculo das tensões e flechas e, inclui os mais recentes desenvolvimentos dos métodos de cálculo aplicados ao vidro exterior colado (VEC).

²⁹ CEBTP-SOLEN, VITRAGES DÉCISIN 4 – User Guide (Descrição realizada com base no guia do utilizador)

Com origem francesa, o programa tem a grande vantagem de permitir alterar o idioma de base (Fig. 78), podendo ser utilizado por profissionais de vários países, pois está definido em quatro línguas (Francês, Inglês, Alemão e Espanhol), pelo que, a selecção do mesmo deve ser o primeiro passo ao iniciar o programa, no qual surge como base a Tabela de Projecto.

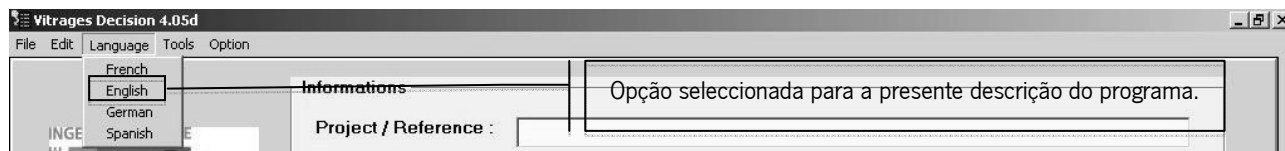


Fig. 78: Definição do idioma.

A Tabela de Projecto (*Project Tab* – Fig. 79) é constituída por duas partes: na primeira, relativa a Informações (*Informations*), devem ser introduzidos o nome e referência do projecto, vidro e respectiva descrição; na segunda é feita a selecção do tipo de cálculo pretendido (*Calculation types*), entre analisar as características do vidro, a sua verificação térmica e mecânica, e o diagnóstico. Essa escolha irá afectar o interface do programa, sendo que, existe a possibilidade de seleccionar uma, várias ou todas as opções propostas. Contudo, certas funções limitam as possibilidades e, ao seleccionar todas as opções em simultâneo só serão consideradas situações ou casos no vidro que sejam comuns a todas as funções.

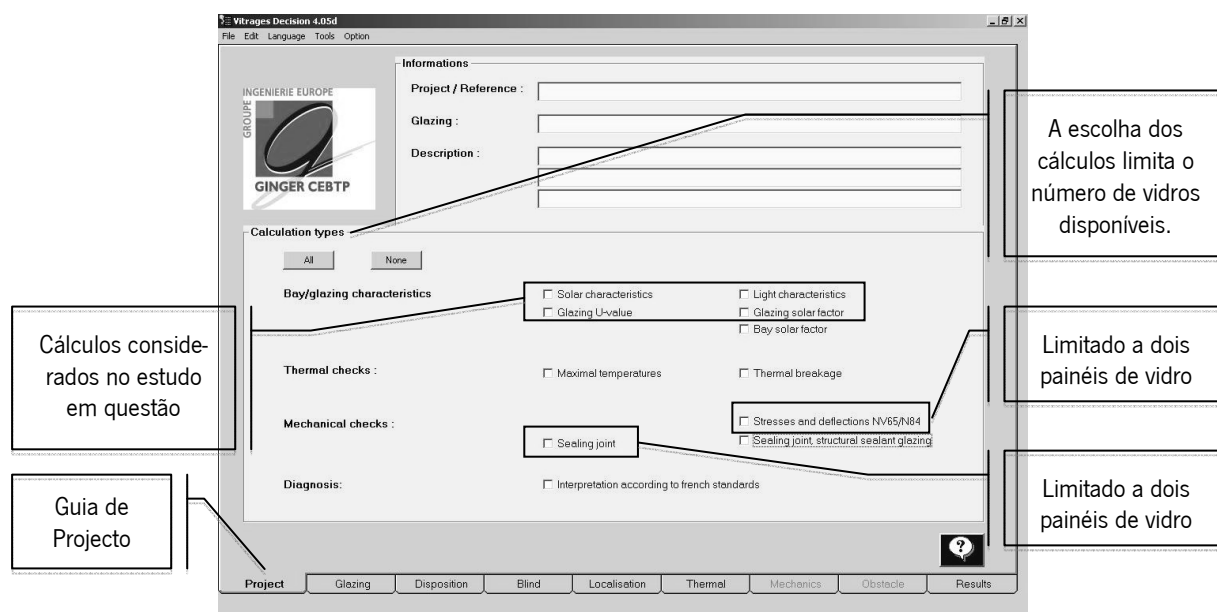


Fig. 79: Tabela de Projecto.

Todos os cálculos fornecem uma impressão (PDF) com os respectivos dados e resultados obtidos, pelo que, é recomendável a selecção apenas das opções de cálculo que serão usadas. Sendo que, no estudo realizado foram só consideradas para os cálculos as características do vidro como, por exemplo, o cálculo do factor solar e do valor de U, para analisar a sua evolução com a alteração da espessura do vidro, etc.

No passo seguinte é apresentada a Tabela do Vidro (*Glazing Tab*), na qual, a primeira opção é a selecção do número de painéis de vidros a utilizar. Dividida em três grupos, entre a definição do vidro (*Glazing definition*),

a apresentação das suas características luminosas e solares (*Glazing characteristics*), e as exigências para a selagem das juntas (*Sealing joint*), exigidas apenas para a opção do tipo de cálculos da verificação mecânica, esta tabela apresenta o aspecto presente na Fig. 80.

Number of panes 6

Glazing definition

	Supplier	Designation	Thickness (mm)	Composition
Pane 1	To define...	Pane 1	19	Monolithic Util
Gas gap	Mixed	Argon 85% - Air 15%	16	
Pane 2	To define...	Pane 2	4	Monolithic Util

Total thickness : 39

Glazing characteristics

Solar characteristics							Light characteristics					
	Te %	Re1 %	Abs1 %	Emn1 %	Re2 %	Abs2 %	Emn2 %	Tl %	Rl1 %	Ab1 %	Rl2 %	Ab2 %
Glass1	10	5	85	89	5	85	89	8	5	87	5	87
Glass2	77	7	16	89	7	16	89	89	8	3	8	3

Sealing joint

Manufacturing conditions : Manufacturing temperature: 15 °C Height above sea level: 100 m

☐ Glazing pressure equilibrated on site Additional pressure at manufacturing : 0 Pa

Project **Glazing** Disposition Blind Localisation Thermal Mechanics Obstacle Results

Fig. 80: Tabela do vidro.

Cada painel pode ser escolhido na base de dados através do nome do fornecedor (Fig. 81), e posteriormente, da designação comercial, ou através de uma base própria criada pelo utilizador, ou definido no momento seleccionando “To define...”.

Number of panes 2

Glazing definition

	Supplier	Designation	Thickness (mm)	Composition
Pane 1	To define...	Pane 1	19	Monolithic Util
Gas gap	To define...	Argon 85% - Air 15%	16	
Pane 2	To define...	Pane 2	4	Monolithic Util

Total thickness : 39

Glazing characteristics

Solar characteristics							Light characteristics					
	Te %	Re1 %	Abs1 %	Emn1 %	Re2 %	Abs2 %	Emn2 %	Tl %	Rl1 %	Ab1 %	Rl2 %	Ab2 %
Glass1	10	5	85	89	5	85	89	8	5	87	5	87
Glass2	77	7	16	89	7	16	89	89	8	3	8	3

Project **Glazing** Disposition Blind Localisation Thermal Mechanics Obstacle Results

Fig. 81: Selecção dos vidros.

As características solares e o valor de emissividade para cada face dos painéis são descritas em “*Solar characteristics*”, pelo que, a face 1 (*Side 1*) corresponde à superfície exterior e, a face 2 (*Side 2*) à superfície interior. Sendo possível, perante características distintas em ambos os lados do painel (capa de controlo solar, de baixa emissividade, etc.), inverter as mesmas através da opção “*Revert product sides*” (inverter os lados do

produto) presente na tabela que surge ao seleccionarmos um fornecedor e na qual estão presentes a designação comercial dos respectivos produtos.

Quanto ao valor de emissividade presente nessas características corresponde à *emissividade normal*, pois o valor correcto é calculado pelo software com base no mesmo.

N°	Supplier	Name	Ep	Ti	Ri1	At1	Ri2	At2	Te	Re1	Ae1	Emn1	Re2	Ae2	Emn2
1	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ULTRA N	4	88	5	7	5	7	62	26	12	3	21	17	89
2	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ULTRA N	5	88	4	8	5	7	61	25	14	3	20	19	89
3	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ULTRA N	6	87	4	9	5	8	60	25	15	3	18	22	89
4	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ULTRA N	8	86	4	10	5	9	58	25	17	3	16	26	89
5	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ULTRA N	10	87	4	8	5	8	58	25	17	3	17	25	89
6	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ONE	4	79	17	5	17	5	50	43	7	1	34	16	89
7	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ONE	5	78	17	5	17	5	49	43	8	1	32	19	89
8	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ONE	6	77	17	6	17	6	48	43	9	1	31	21	89
9	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ONE	8	76	17	7	17	7	47	43	10	1	28	25	89
10	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ONE	10	76	17	7	17	7	47	43	10	1	28	25	89
11	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM MAX	4	90	5	5	5	5	72	19	9	4	17	11	89
12	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM MAX	5	90	5	5	5	5	72	19	9	4	17	11	89
13	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM MAX	6	89	5	6	5	6	71	19	10	4	17	12	89

N°	Supplier	Name	Ep	Ti	Ri1	At1	Ri2	At2	Te	Re1	Ae1	Emn1	Re2	Ae2	Emn2
4	SAINT-GOBAIN	SGG PLANITHERM ULTRA N	8	86	4	10	5	9	58	25	17	3	16	26	89

Note: The coating on selected pane is on side 1

Revert product sides

Cancel Ok

Fig. 82: Selecção através da designação comercial.

Possibilidade de inverter a face do revestimento.

Na pesquisa por tipo de vidro (*Search by type*), e após a selecção do fornecedor (*Supplier*), é possível restringir os resultados por composição (monolítico, laminado, todos), natureza do suporte (claro, extra-claro, etc.) e por revestimento (sem, térmico, solar, térmico e solar, reflexivo, auto-limpeza, etc.), de acordo com a Fig. 83.

Vitrages Decision 4.05d

File Edit Language Tools Option

Search for a glass

Supplier :

☐ All ☐ AGC Glass Europe 2010 ☐ GLASTROESCH ☐ GUARDIAN

☐ INTERPANE ☐ PILKINGTON ☒ SAINT-GOBAIN

Commercial name :

COOL-LITE ST / SUBSTRAT PAROSOLVE

COOL-LITE KS/KB

ANTELIO

STADIP SILENCE

STADIP

STADIP SILENCE (contrôle solaire)

STADIP (contrôle solaire)

STADIP BIOCLEAN

STADIP SILENCE (isolation thermique ren)

Search

Search by type:

Composition Nature of support Coating

Monolithic Indifferent Indifferent

Search

N°	Supplier	Name	Ep	Ti	Ri1	At1	Ri2	At2	Te	Re1	Ae1	Emn1	Re2	Ae2	Emn2
1	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO CLEAR	5	45	32	23	26	29	51	26	23	89	20	29	89
2	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO CLEAR	6	45	32	23	26	29	50	25	25	89	19	31	89
3	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO CLEAR	8	45	32	23	26	29	47	25	28	89	18	35	89
4	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO CLEAR	10	45	32	23	26	29	47	25	28	89	18	35	89
5	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO SILVER	6	66	31	3	29	5	63	25	12	89	21	16	89
6	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO SILVER	8	65	31	4	29	6	60	24	16	89	20	20	89
7	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO SILVER	10	65	31	4	29	6	60	24	16	89	20	20	89
8	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO HAVANE	5	26	32	42	13	61	32	26	42	89	11	57	89
9	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO HAVANE	6	24	32	44	11	65	29	26	45	89	10	61	89
10	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO HAVANE	8	19	32	49	9	72	24	26	50	89	8	68	89
11	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO HAVANE	10	16	32	52	7	77	20	26	54	89	7	73	89
12	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO EMERAUDE	5	53	29	18	20	27	34	22	44	89	11	55	89
13	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO EMERAUDE	8	49	29	22	17	34	28	22	50	89	10	62	89
14	SAINT-GOBAIN	SGG ANTELIO EMERAUDE	10	45	29	26	16	39	23	22	55	89	9	68	89

Note: The selected pane has no coating

Revert product sides

Cancel Ok

Filtro para a pesquisa.

Fig. 83: Selecção do painel na biblioteca.

Quando estamos perante um vidro duplo, triplo, etc., surge um elemento novo a definir – a cavidade - através da sua espessura e respectivo preenchimento. Ao avançar para a especificação da cavidade entre os painéis, surgem duas ou três alternativas para a sua definição (Fig. 84 a/b), dependendo das opções anteriormente seleccionadas: em Ar (espaço não ventilado); ou Misto, em que o espaço é preenchido com gás e a sua com-

posição pode ser definida de acordo com a percentagem de ar, árgon, cripton ou xénon; ou Ventilação, na qual o espaço de ar é ventilado, com ventilação forçada ou natural (esta possibilidade só surge se as opções seleccionadas o permitirem). Em relação à espessura é possível definir uma diferente das que são indicadas no menu clicando em “*e/se*” (outra) e introduzindo a medida pretendida.

Number of panes: 2

Glazing definition

	Supplier	Designation
Pane 1	To define...	Pane 1
Gas gap	Mixed	Argon 85% - Air 15%
Pane 2	Air	Pane 2
	Mixed	
	Ventilation	

Glazing characteristics

Thickness (mm)

19

16

6

8

10

12

14

15

16

18

20

22

24

Else

Total thickness :

Composition

Monolithic

Util

Fig. 84 a/b: Parâmetros para definir a caixa-de-ar.

O próximo passo consiste em descrever as dimensões do vidro e a sua montagem (*Dimensions/Assembling*), desde a altura e largura do vidro (em milímetros) sem considerar a moldura (*Outside glass*); à sua inclinação em relação ao plano horizontal (*Glass slope/horizontal*), sendo 0° para um vidro horizontal e 90° para um vidro vertical, em que, se a inclinação for superior a 90° corresponde a um vidro suspenso e o limite máximo é de 120°; e ao número de apoios (sills), considerando que para um número inferior a quatro é necessário indicar a posição dos lados livres (*Free length*), como é apresentado na Fig. 85.

Dimensions / Assembling

Outside glass

Height: 1000 mm

Width: 1000 mm

Glass slope/horizontal: 90°

Support conditions d'appuis: In rebate

Number of sills: 4

Fixed sash: ☐

Sliding sash (for thermal breakage): ☐

Frame thermal inertia: Aluminium

Caution: when deactivating the sliding sash option, the blind position turns to Exterior!

Fig. 85: Cálculo das características do vidro simples.

O segundo e terceiro grupo (*Bay-window data and Structural sealant glazing*), representados na Fig. 86, não são considerados no trabalho em questão, sendo que, apenas são realizados os cálculos que analisam as características do vidro (*Glazing characteristics*), e ao ser feita essa opção apenas surge o primeiro grupo. Contudo, ao fazer também a selecção do factor solar da moldura, a verificação térmica e mecânica do vidro (vedação das juntas, sistema de vidros exteriores colados (VEC), etc.), surgem todos os grupos, para assim definir características relativas à moldura e ao sistema de colagem do VEC.

Dimensions / Assembling

Outside glass

Height: 1000 mm

Width: 1000 mm

Glass slope/horizontal: 90°

Support conditions d'appuis: VEC (SSG)

Number of sills: 4

☐ Fixed sash ☐ Sliding sash (for thermal breakage)

Frame thermal inertia: Aluminium

Bay - window data

Sigma (glazed to total surface ratio): 0.75

U-value of frame Uf: 5.0 (W/m²K)

Frame absorption coefficient: 60 (%)

☐ Glazing at internal bare

Structural sealant glazing

☐ Stepped edges

Wedging of the glazing: [dropdown]

Sticking on frame: [dropdown]

Temperature conditions: [dropdown]

Sealant material: [dropdown]

Certified working stress: [dropdown] MPa

Glass temperature: 80 °C

Structural frame temperature: 55 °C

Possible angular distortion: [dropdown] Radian

Project Glazing **Disposition** Blind Localisation Thermal Mechanics Obstacle Results

Fig. 86: Tabela para dimensionar e definir a montagem do vidro.

Seguidamente, é apresentada a tabela (Fig. 87) para definir o sistema de sombreamento (*Blind setting*), não considerado no presente estudo, pois a intenção era individualizar o vidro e analisar o seu comportamento de forma autónoma. Contudo, ao optar e seleccionar a existência de sombreamento, surgem dois grupos para definir a sua disposição e as características respectivamente (*Blind disposition and Characteristics of the blind*).

Blind disposition

Blind position: Exterior Fixed

Distance blind - glazing: 50 mm

Peripheral gaps: Top: 0 mm, Lateral: 50 mm, Bottom: 50 mm

Characteristics of the blind

Blind type: Venetian

Supplier: [dropdown] Range: [dropdown] Product name: [dropdown]

Slats colour: Pearl grey

Side 1 and side 2: [dropdown]

Slats position: Opened at 45°

Openness coefficient (porosity): 21 %

Characteristics of the slats (closed position):

Solar characteristics							Light characteristics				
Te %	Re1 %	Abel %	Emn1 %	Re2 %	Abel2 %	Emn2 %	Tl %	Rl1 %	Ab1 %	Re2 %	Ab12 %
0	65	35	90	65	35	90	0	65	35	65	35

Characteristics of the blind:

Solar characteristics							Light characteristics				
Te %	Re1 %	Abel %	Emn1 %	Re2 %	Abel2 %	Emn2 %	Tl %	Rl1 %	Ab1 %	Re2 %	Ab12 %
13	48	39	90	48	39	90	13	48	39	48	39

Project Glazing Disposition **Blind** Localisation Thermal Mechanics Obstacle Results

Fig. 87: Tabela para definir o sistema de sombreamento.

O dispositivo de sombreamento pode estar situado no exterior, interior, ou entre dois painéis de vidro. Sendo que, ao optar-se por um dispositivo integrado, este é automaticamente posicionado simetricamente entre os dois painéis. Para além que, pode ser móvel ou fixo, porém, para um envidraçado equipado com um dispositivo de sombreamento móvel existe um risco mais elevado de rotura térmica. E consequentemente, com um

dispositivo móvel, os cálculos para o choque térmico são feitos considerando ou não a presença do dispositivo. É então necessário colocar a distância entre o vidro e o dispositivo de sombreamento, a qual, para um dispositivo localizado no interior ou exterior, corresponde à distância entre o dispositivo respectivamente e o painel interior ou exterior.

O segundo grupo, intitulado “*Characteristics of the blind*”, é utilizado para definir as características do dispositivo de sombreamento em termos de luz e solar, bem como de porosidade. A Porosidade representa a percentagem de espaço vazio e afecta a troca de infravermelhos entre os dois painéis. E o seu valor varia entre 0 e 100%. Sendo que, para o sombreamento com tecido é utilizado o termo factor de abertura e, para o sombreamento com persianas é considerado o valor mínimo de 1% para a porosidade e, quando abertas, é calculado automaticamente dependendo da posição das ripas.

Segue-se então a tabela para definir a localização do projecto e posicionamento do vidro (Fig. 88), por exemplo, em termos de altitude do projecto e a altura do vidro em relação ao solo. O programa tem como predefinição para localização França, considerando a sua divisão por regiões pré-definidas. A primeira informação a colocar é o número da região, isto se o projecto se localiza em França ou em uma região similar se, se tratar de um país vizinho. Esta informação faz a selecção de dados pré-estabelecidos para cada região, relativamente à área associada de neve e de vento, como também a zona climática, com as temperaturas mínimas e máximas de Primavera, Verão, Outono e Inverno, bem como as respectivas amplitudes térmicas.

Fig. 88: Tabela para definir a localização do projecto e posicionamento do vidro.

Assim sendo, a opção seleccionada para a localização no presente estudo foi “*Project out of France*”, pelo que, para além dos dados pedidos na Fig. 89, as especificações climáticas e, em particular os dados considerados para o calculo do factor solar e do valor de U, são introduzidos na tabela da térmica. E mesmo se a situação

do projecto é declarada em França, por ter seleccionado uma região, ainda existe a possibilidade de optar por especificar as condições climáticas (*Specific climatic conditions*) para os cálculos.

Fig. 89: Opção do presente trabalho.

Relativamente, à orientação das fachadas deve ser indicada pelo menos uma ou, se não, a opção "*Calculation with standard climatic conditions*" (Fig. 90). Contudo, esta indicação não deve não deve ser confundida com o especificar as condições climáticas.

Fig. 90: Opção por condições climáticas standard.

Fig. 91: Selecção da orientação das fachadas.

Ao optar por especificar as condições climáticas surge uma tabela que deve ser preenchida, considerando cada opção de cálculo usada, para cada fachada em questão, para cada estação a ser seleccionada por tipo de cálculo, o utilizador deve completar uma linha de dados (Fig. 92).

Desde o fluxo solar máximo [$Flux$ (W/m²)]; os coeficientes de transmissão térmica superficial exterior e interior (h_e e h_i expressas em W/m².K) das quais foram considerados os valores normalizados; a temperatura máxima exterior [T_e Max. (°C)]; temperatura interior [T_i (°C)]; e ainda, para o cálculo do choque térmico a temperatura exterior mínima [T_e Min. (°C)]. Introduzidos os dados, estes podem ser guardados num ficheiro, indicando a localização, para serem utilizados mais tarde em outro projecto.

Specific climatic condition

File name : New Save Open file

Specific climatic conditions to be determined from given slope and altitude

Type of calculation	Orientation	Season	Flux (W/m²)	he (W/m².K)	hi (W/m².K)	Te Max (°C)	Ti (°C)	Te Min (°C)
Solar factor	-	-	750	23	8	35	25	-
U value	-	-	0	25	8	0	20	-
Sliding sash	-	-	792	11	9	15	20	-
Bay solar factor THS	-	Summer	500	14	8	25	25	-
Bay solar factor THS	-	Winter	300	25	8	5	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	North	Spring	160	11	9	22	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	North	Summer	200	13	9	27	27	-
Maximal temperatures - sealing joint	North	Autumn	160	11	9	22	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	North	Winter	-	-	9	-	-	-
Maximal temperatures - sealing joint	North East	Spring	376	11	9	18	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	North East	Summer	696	13	9	23	23	-
Maximal temperatures - sealing joint	North East	Autumn	376	11	9	18	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	North East	Winter	-	-	9	-	-	-
Maximal temperatures - sealing joint	East	Spring	640	11	9	20	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	East	Summer	800	13	9	25	25	-
Maximal temperatures - sealing joint	East	Autumn	640	11	9	20	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	East	Winter	-	-	9	-	-	-
Maximal temperatures - sealing joint	South East	Spring	776	11	9	22	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	South East	Summer	640	13	9	27	27	-
Maximal temperatures - sealing joint	South East	Autumn	776	11	9	22	20	-

Guia da Verificação Térmica

Project Glazing Disposition Blind Localisation **Thermal** Mechanics Obstacle Results

Fig. 92: Tabela para especificar as condições climáticas.

Posteriormente, e para a opção de verificação mecânica, não considerada neste trabalho, é apresentada a respectiva tabela (Fig. 93). Nestes cálculos são considerados a acção do vento e da neve, dependendo da localização. A acção do vento é determinada de acordo com as normas actuais NV 65, sendo que se o vidro se encontra na vertical, ou aproximadamente, apenas surge a tabela referente ao vento.

Wind NV 65

Project site : Protected Ks : .8 ☐ Mask effect

Nominal wind pressure : at SLS : 600 N/m² at ULS : 1050 N/m²

Glazing situation :

	Windward			Leeward			Superpressure (Pa)		Depression (Pa)	
	Ce	Cl	Ce-Cl	Ce	Cl	Ce-Cl	ELS	ELU	ELS	ELU
<input type="checkbox"/> Current part (1)										
<input type="checkbox"/> Building edge (2)										
<input checked="" type="checkbox"/> Building angle (3)										
<input type="checkbox"/> Specific										

Guia da Verificação Mecânica

Project Glazing Disposition Blind Localisation **Thermal** **Mechanics** Obstacle Results

Fig. 93: Tabela para considerar a acção do vento e da neve, quando aplicáveis.

Devem então ser preenchidos elementos respectivos ao local do projecto (protegido, normal, exposto ou específico); à situação do vidro em questão perante a existência de outros edifícios (*Mask effect*), como definido na NV 65; à inclinação do vidro, quando se verificar essa situação, devem ser considerados dois lados (lado liso e o lado curvo), e a pressão nominal do vento será calculada para SLS (*service limit state*) e ULS (*ultra limit state*); e à situação do vidro, com três opções possíveis – “*Current part/Building edge/Building angle*” – para a fachada em estudo, sendo que, devem ser seleccionadas pelo utilizador todas as opções que correspondam ao caso em estudo.

Concluindo, para finalizar e obter os cálculos indicados na tabela de projecto basta clicar em “*Results*” (Fig. 94), a partir do qual, o programa apresenta um relatório contendo, inicialmente, os dados inseridos e após estes, os resultados obtidos. Estes resultados podem ser apresentados de forma detalhada, normal ou resumida, interferindo assim directamente com o que surge no relatório.

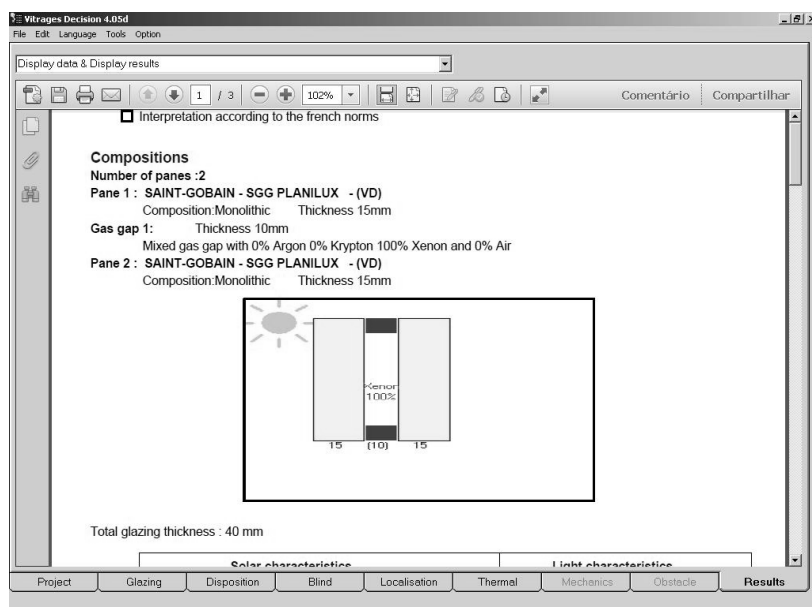


Fig. 94: Tabela de resultados.

Importa ainda referir que, para além de todas as tabelas indicadas anteriormente, existe o atelier do vidro (*Glass Workshop*) que permite diferentes manipulações de painéis de vidro monolítico ou laminado (Fig. 95), tendo como base vidros existentes na base de dados do programa.

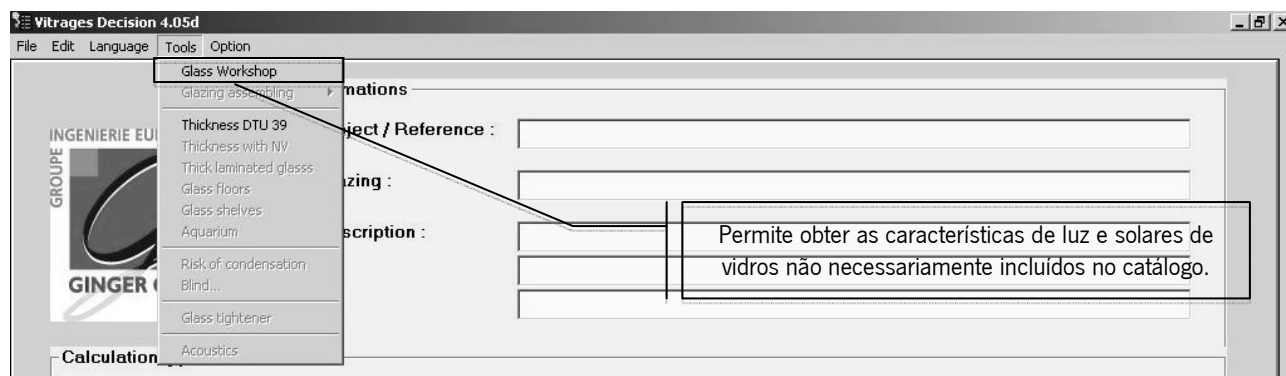


Fig. 95: Selecção do Atelier do Vidro.

O acesso ao menu do atelier de vidro, e às respectivas funções, pode ser feito através do menu principal – “*Tools*” – “*Glass Workshop*” (Fig. 96), ou na Tabela dos vidros ao optar por definir um vidro (*To define...*), surge a janela com a lista dos elementos necessários para definir o vidro (Fig. 97).

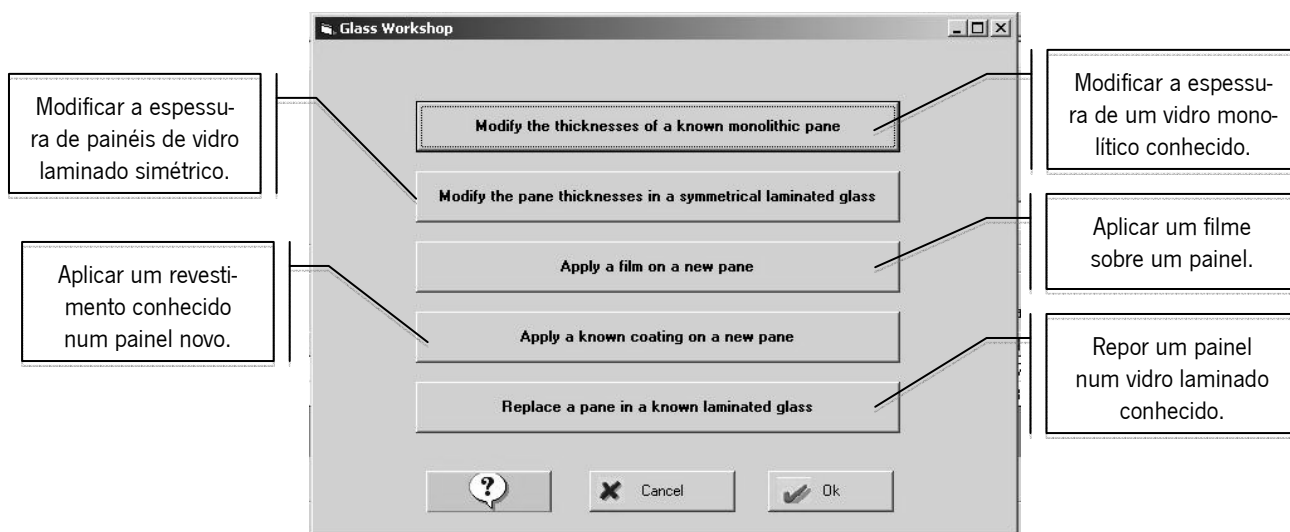


Fig. 96: Cinco formas de alterar um vidro conhecido.

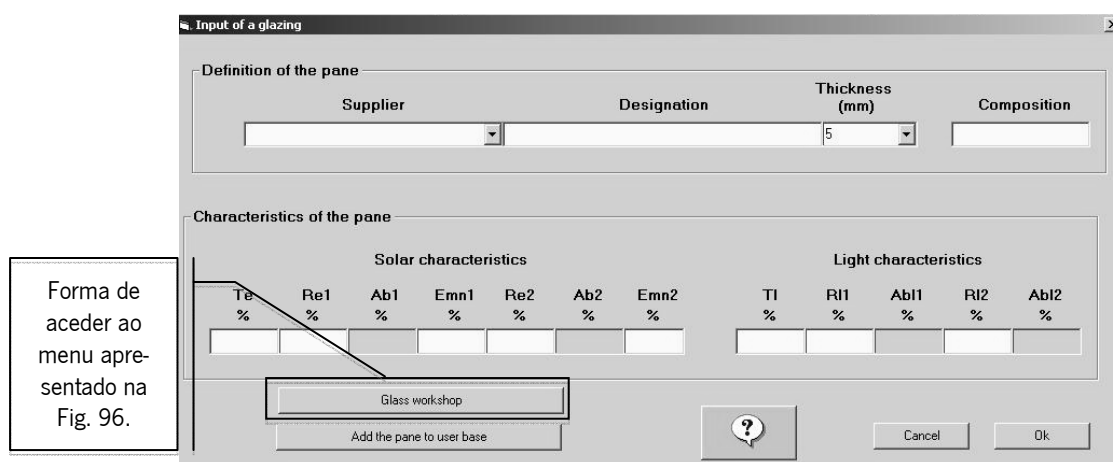


Fig. 97: Definição de um painel de vidro novo.

B. RESULTADOS OBTIDOS

B.1 RESULTADOS - VIDRO SIMPLES (VS) / VIDRO SIMPLES LAMINADO (VSL)

Os valores obtidos para os vidros simples analisados (com 1 painel) são apresentados nas tabelas seguintes. Com a variação para cada tipo de vidro em seis espessuras diferentes, sendo que, para a mesma espessura corresponde sempre o mesmo valor de U . E as restantes características variam consoante a composição, cor e tratamento do vidro.

Tabela 17: Resultados para o vidro simples - fornecedor Saint-Gobain.

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
VS1	VS1.1	SGG DIAMANT (Vidro float extra-claro - com baixo teor em óxidos de ferro)	2	0,91	0,08	0,02	0,90	0,91	5,99
	VS1.2		4	0,91	0,08	0,02	0,90	0,91	5,92
	VS1.3		6	0,91	0,08	0,03	0,89	0,90	5,85
	VS1.4		10	0,90	0,08	0,05	0,87	0,88	5,71
	VS1.5		15	0,90	0,08	0,07	0,85	0,87	5,56
	VS1.6		19	0,89	0,08	0,09	0,83	0,85	5,43
VS2	VS2.1	SGG PLANILUX (Vidro float incolor)	2	0,91	0,08	0,05	0,87	0,88	5,99
	VS2.2		4	0,90	0,07	0,10	0,83	0,86	5,92
	VS2.3		6	0,89	0,07	0,14	0,79	0,83	5,85
	VS2.4		10	0,88	0,07	0,17	0,76	0,80	5,71
	VS2.5		15	0,86	0,07	0,24	0,69	0,75	5,56
	VS2.6		19	0,83	0,06	0,32	0,62	0,70	5,43
VS3	VS3.1	SGG PARSOL BRONZE (Vidro float colorido na massa, apresenta propriedades de controlo solar)	2	0,74	0,07	0,19	0,74	0,79	5,99
	VS3.2		4	0,60	0,06	0,34	0,60	0,69	5,92
	VS3.3		6	0,49	0,05	0,46	0,49	0,61	5,85
	VS3.4		10	0,33	0,05	0,62	0,33	0,49	5,71
	VS3.5		15	0,20	0,05	0,75	0,20	0,39	5,56
	VS3.6		19	0,13	0,05	0,82	0,13	0,34	5,43
VS4	VS4.1	SGG PARSOL GREEN (Vidro float colorido na massa, apresenta propriedades de controlo solar)	2	0,85	0,06	0,25	0,69	0,75	5,99
	VS4.2		4	0,79	0,06	0,41	0,53	0,64	5,92
	VS4.3		6	0,73	0,05	0,52	0,43	0,56	5,85
	VS4.4		10	0,63	0,05	0,64	0,31	0,48	5,71
	VS4.5		15	0,52	0,05	0,77	0,18	0,38	5,56
	VS4.6		19	0,45	0,05	0,83	0,12	0,33	5,43
VS5	VS5.1	SGG PARSOL GREY (Vidro float colorido na massa, apresenta propriedades de controlo solar)	2	0,71	0,07	0,21	0,72	0,77	5,99
	VS5.2		4	0,55	0,06	0,37	0,57	0,67	5,92
	VS5.3		6	0,43	0,05	0,49	0,46	0,59	5,85
	VS5.4		10	0,26	0,05	0,66	0,29	0,46	5,71
	VS5.5		15	0,14	0,05	0,79	0,16	0,36	5,56
	VS5.6		19	0,08	0,05	0,85	0,10	0,32	5,43
VS6	VS6.1	SGG PLANISTAR (Vidro incolor c/ capa fina - propriedades: baixa emissividade e controlo solar)	2	0,85	0,06	0,31	0,63	0,71	5,99
	VS6.2		4	0,79	0,30	0,26	0,44	0,51	5,92
	VS6.3		6	0,78	0,26	0,31	0,43	0,51	5,85
	VS6.4		10	0,77	0,24	0,34	0,42	0,51	5,71
	VS6.5		15	0,71	0,05	0,67	0,28	0,45	5,56
	VS6.6		19	0,66	0,05	0,74	0,21	0,40	5,43

Tabela 18: Resultados para o vidro simples – fornecedor Pilkington.

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
VS1	VS1.1	Pilkington Optifloat Clair (Vidro float incolor)	2	0,90	0,08	0,04	0,88	0,89	5,99
	VS1.2		4	0,90	0,08	0,09	0,83	0,85	5,92
	VS1.3		6	0,88	0,07	0,14	0,79	0,83	5,85
	VS1.4		10	0,87	0,07	0,20	0,73	0,78	5,71
	VS1.5		15	0,83	0,06	0,31	0,63	0,71	5,56
	VS1.6		19	0,81	0,06	0,37	0,57	0,67	5,43
VS2	VS2.1	Pilkington Optifloat Gris (Vidro float colorido com propriedades de controle solar)	2	0,73	0,07	0,20	0,73	0,78	5,99
	VS2.2		4	0,57	0,06	0,37	0,57	0,67	5,92
	VS2.3		6	0,44	0,05	0,50	0,45	0,58	5,85
	VS2.4		10	0,27	0,05	0,67	0,28	0,45	5,71
	VS2.5		15	0,15	0,05	0,79	0,16	0,36	5,56
	VS2.6		19	0,09	0,05	0,85	0,10	0,32	5,43
VS3	VS3.1	Pilkington Optifloat Bronze (Vidro float colorido com propriedades de controle solar)	2	0,75	0,07	0,19	0,74	0,79	5,99
	VS3.2		4	0,61	0,06	0,35	0,59	0,68	5,92
	VS3.3		6	0,50	0,05	0,48	0,47	0,59	5,85
	VS3.4		10	0,33	0,05	0,64	0,31	0,48	5,71
	VS3.5		15	0,20	0,05	0,77	0,18	0,38	5,56
	VS3.6		19	0,13	0,05	0,83	0,12	0,33	5,43
VS4	VS4.1	Pilkington Optifloat Vert (Vidro float colorido com propriedades de controle solar)	2	0,85	0,07	0,23	0,70	0,76	5,99
	VS4.2		4	0,80	0,06	0,33	0,61	0,70	5,92
	VS4.3		6	0,75	0,06	0,43	0,51	0,62	5,85
	VS4.4		10	0,67	0,05	0,55	0,40	0,54	5,71
	VS4.5		15	0,57	0,05	0,69	0,26	0,44	5,56
	VS4.6		19	0,51	0,05	0,76	0,19	0,39	5,43
VS5	VS5.1	Pilkington Arctic Blue (Vidro float colorido para elevada trans- missão de luz e con- trole solar s/ capa)	2	0,76	0,06	0,28	0,66	0,73	5,99
	VS5.2		4	0,64	0,06	0,46	0,48	0,60	5,92
	VS5.3		6	0,54	0,05	0,58	0,37	0,52	5,85
	VS5.4		10	0,38	0,05	0,72	0,23	0,42	5,71
	VS5.5		15	0,25	0,05	0,83	0,12	0,33	5,56
	VS5.6		19	0,17	0,05	0,88	0,07	0,30	5,43
VS6	VS6.1	Pilkington Optiwhite (Vidro float extra-claro com baixos níveis de ferro)	2	0,92	0,08	0,01	0,91	0,91	5,99
	VS6.2		4	0,91	0,08	0,02	0,90	0,91	5,92
	VS6.3		6	0,91	0,08	0,03	0,89	0,90	5,85
	VS6.4		10	0,90	0,08	0,04	0,88	0,89	5,71
	VS6.5		15	0,90	0,08	0,06	0,86	0,88	5,56
	VS6.6		19	0,89	0,08	0,09	0,83	0,85	5,43
VS7	VS7.1	Pilkington Eclipse Advantage Arctic Blue (Vidro colorido de controle solar c/ capa baixa emissi.)	2	0,66	0,06	0,39	0,55	0,65	5,99
	VS7.2		4	0,47	0,11	0,56	0,33	0,47	5,92
	VS7.3		6	0,39	0,09	0,66	0,25	0,42	5,85
	VS7.4		10	0,22	0,05	0,84	0,11	0,33	5,71
	VS7.5		15	0,11	0,05	0,91	0,04	0,27	5,56
	VS7.6		19	0,06	0,05	0,93	0,02	0,26	5,43
VS8	VS8.1	Pilkington Suncool 50/25 OW (Vidro de controle solar c/ capa de baixa emissividade)	2	0,77	0,06	0,33	0,61	0,70	5,99
	VS8.2		4	0,66	0,05	0,52	0,43	0,56	5,92
	VS8.3		6	0,56	0,43	0,28	0,29	0,36	5,85
	VS8.4		10	0,56	0,41	0,30	0,29	0,37	5,71
	VS8.5		15	0,50	0,05	0,74	0,21	0,40	5,56
	VS8.6		19	0,42	0,05	0,81	0,14	0,35	5,43

Quanto aos valores obtidos para o vidro simples laminado (dois painéis com uma, duas ou quatro folhas de PVB), apresentados na tabela seguinte. O número de folhas de PVB praticamente não interfere com as características e , o valor de U resulta em função da espessura total , pois, independentemente do número de folhas é igual ao de um vidro simples.

Tabela 19: Resultados para o vidro simples laminado - fornecedor Saint-Gobain.

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
VSL1	VSL1.1	SAINT-GOBAIN - STADIP (Vidro laminado de segurança composto por dois vidros - PLANILUX - ligados através de um filme de PVB - 0,38 mm)	6 (33.1)	0,88	0,07	0,19	0,74	0,79	5,85
	VSL1.2		8 (44.1)	0,87	0,07	0,22	0,71	0,77	5,78
	VSL1.3		10 (55.1)	0,86	0,07	0,25	0,68	0,74	5,71
	VSL1.4		12 (66.1)	0,85	0,06	0,29	0,65	0,72	5,65
	VSL1.5		16 (88.1)	0,85	0,07	0,28	0,65	0,72	5,52
VSL2	VSL2.1	SAINT-GOBAIN - STADIP PROTECT (Vidro laminado de segurança composto por dois vidros - PLANILUX - ligados através de dois filmes de PVB - 0,76 mm)	7 (33.2)	0,88	0,07	0,21	0,72	0,77	5,81
	VSL2.2		9 (44.2)	0,87	0,07	0,24	0,69	0,75	5,75
	VSL2.3		11 (55.2)	0,86	0,07	0,27	0,66	0,73	5,68
	VSL2.4		11 (64.2)	0,86	0,07	0,27	0,66	0,73	5,68
	VSL2.5		13 (66.2)	0,85	0,06	0,30	0,64	0,72	5,62
	VSL2.6		17 (88.2)	0,83	0,06	0,35	0,59	0,68	5,49
	VSL2.7		21 (1010.2)	0,83	0,06	0,35	0,59	0,68	5,38
VSL3	VSL3.1	SAINT-GOBAIN - STADIP PROTECT	10 (44.4)	0,86	0,07	0,26	0,67	0,74	5,71
	VSL3.2		12 (55.4)	0,85	0,06	0,30	0,64	0,72	5,65
	VSL3.3		14 (66.4)	0,84	0,06	0,33	0,61	0,70	5,59
VSL4	VSL4.1	SAINT-GOBAIN - VISION LITE (Vidro anti-reflexo)	9 (44.2)	0,93	0,08	0,12	0,80	0,83	5,75
	VSL4.2		13 (66.2)	0,93	0,08	0,13	0,79	0,82	5,62
	VSL4.3		17 (88.2)	0,92	0,08	0,15	0,77	0,81	5,49
	VSL4.4		21 (1010.2)	0,92	0,08	0,16	0,76	0,80	5,38
VSL5	VSL5.1	SAINT-GOBAIN - STADIP PROTECT / ANTELIO CLAIR	11 (55.2)	0,44	0,25	0,34	0,41	0,50	5,68
	VSL5.2		13 (66.2)	0,43	0,25	0,36	0,39	0,48	5,62
	VSL5.3		17 (88.2)	0,42	0,25	0,39	0,36	0,46	5,49
	VSL5.4		21 (1010.2)	0,42	0,25	0,39	0,36	0,46	5,38

B.2 RESULTADOS – VIDRO DUPLO (VD) / VIDRO DUPLO LAMINADO (VDL)

Os valores obtidos, de acordo com os vidros duplos analisados, encontram-se na tabela seguinte. Com os resultados relativos à variação de alguns elementos que compõem cada unidade, tais como, a espessura do vidro e da cavidade, e o seu preenchimento com ar, árgon, cripton ou xénon.

Tabela 20: Resultados para o vidro duplo - fornecedor Saint-Gobain.

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
VD1	VD1.1	PLANILUX / AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	3,33
	VD1.2		16 (4-8-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	3,13
	VD1.3		18 (4-10-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,99
	VD1.4		20 (4-12-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,89
	VD1.5		23 (4-15-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,78
	VD1.6		24 (4-16-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,77
	VD1.7		28 (4-20-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,78
VD2	VD2.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	3,11
	VD2.2		16 (4-8-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,93
	VD2.3		18 (4-10-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,82
	VD2.4		20 (4-12-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,74
	VD2.5		23 (4-15-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,66
	Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de						2,64		
	VD2.7		24 (4-16-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,67
	VD2.8		28 (4-20-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,68
VD3	VD3.1	PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,84
	VD3.2		16 (4-8-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,72
	VD3.3		18 (4-10-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,64
	Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de						2,57		
	VD3.4		20 (4-12-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,65
	VD3.6		23 (4-15-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,66
	VD3.7		24 (4-16-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,67
	VD3.8		28 (4-20-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,68
VD4	VD4.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,72
	VD4.2		16 (4-8-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,62
	VD4.3		18 (4-10-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,60
	Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de						2,46		
	VD4.4		20 (4-12-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,61
	VD4.6		23 (4-15-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,62
	VD4.7		24 (4-16-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,62
	VD4.8		28 (4-20-4)	0,82	0,12	0,19	0,69	0,76	2,63
VD5	VD5.1	PLANILUX / AR / PLANILUX	18 (6-6-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,71	3,29
	VD5.2		20 (6-8-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,71	3,09
	VD5.3		22 (6-10-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,96
	VD5.4		24 (6-12-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,86
	VD5.5		27 (6-15-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,75
	VD5.6		28 (6-16-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,74
	VD5.7		32 (6-20-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,75
VD6	VD6.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANILUX	18 (6-6-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,71	3,07
	VD6.2		20 (6-8-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,71	2,90
	VD6.3		22 (6-10-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,79
	VD6.4		24 (6-12-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,71
	VD6.5		27 (6-15-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,64
	Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de						2,61		
	VD6.7		28 (6-16-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,64
	VD6.8		32 (6-20-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,65
VD7	VD7.1	PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	18 (6-6-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,81
	VD7.2		20 (6-8-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,69
	VD7.3		22 (6-10-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,62
	Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de						2,55		
	VD7.5		24 (6-12-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,63

Tabela 20: Resultados para o vidro duplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m²·K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
	VD7.6		27 (6-15-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,64
	VD7.7		28 (6-16-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,64
	VD7.8		32 (6-20-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,65
VD8	VD8.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	18 (6-6-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,69
	VD8.2		20 (6-8-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,59
	VD8.3		22 (6-10-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,57
	VD8.4			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					2,44
	VD8.5		24 (6-12-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,58
	VD8.6		27 (6-15-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,59
	VD8.7		28 (6-16-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,59
	VD8.8		32 (6-20-6)	0,80	0,11	0,26	0,63	0,72	2,60
VD9	VD9.1	SGG PLANILUX / AR / PLANILUX	26 (10-6-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,68	3,20
	VD9.2		28 (10-8-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,68	3,02
	VD9.3		30 (10-10-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,68	2,89
	VD9.4		32 (10-12-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,68	2,79
	VD9.5		35 (10-15-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,68	2,69
	VD9.6		36 (10-16-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,68	2,68
	VD9.7		40 (10-20-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,69
VD10	VD10.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANILUX	26 (10-6-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,99
	VD10.2		28 (10-8-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,83
	VD10.3		30 (10-10-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,73
	VD10.4		32 (10-12-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,65
	VD10.5		35 (10-15-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,58
	VD10.6			Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de					2,56
	VD10.7		36 (10-16-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,58
	VD10.8		40 (10-20-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,59
VD11	VD11.1	PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	26 (10-6-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,75
	VD11.2		28 (10-8-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,63
	VD11.3		30 (10-10-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,56
	VD11.4			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					2,50
	VD11.5		32 (10-12-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,57
	VD11.6		35 (10-15-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,58
	VD11.7		36 (10-16-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,59
	VD11.8		40 (10-20-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,60
VD12	VD12.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	26 (10-6-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,64
	VD12.2		28 (10-8-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,54
	VD12.3		30 (10-10-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,52
	VD12.4			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					2,39
	VD12.5		32 (10-12-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,53
	VD12.6		35 (10-15-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,54
	VD12.7		36 (10-16-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,54
	VD12.8		40 (10-20-10)	0,78	0,11	0,31	0,58	0,69	2,55
VD13	VD13.1	PLANILUX / AR / PLANILUX	36 (15-6-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,61	3,10
	VD13.2		38 (15-8-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,61	2,93
	VD13.3		40 (15-10-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,61	2,81
	VD13.4		42 (15-12-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,61	2,72
	VD13.5		45 (15-15-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,62
	VD13.6		46 (15-16-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,62
	VD13.7		50 (15-20-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,62
VD14	VD14.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANILUX	36 (15-6-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,61	2,91
	VD14.2		38 (15-8-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,61	2,76
	VD14.3		40 (15-10-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,61	2,66
	VD14.4		42 (15-12-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,61	2,58

Tabela 20: Resultados para o vidro duplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
	VD14.5		45 (15-15-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,52
	VD14.6			Para o melhor valor de U com 100% argon o valor é de					2,49
	VD14.7		46 (15-16-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,52
	VD14.8		50 (15-20-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,53
VD15	VD15.1	PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	36 (15-6-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,61	2,68
	VD15.2		38 (15-8-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,56
	VD15.3		40 (15-10-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,50
	VD15.4			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					2,43
	VD15.5		42 (15-12-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,51
	VD15.6		45 (15-15-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,52
	VD15.7		46 (15-16-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,52
	VD15.8		50 (15-20-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,53
VD16	VD16.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	36 (15-6-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,57
	VD16.2		38 (15-8-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,48
	VD16.3		40 (15-10-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,46
	VD16.4			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					2,33
	VD16.5		42 (15-12-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,47
	VD16.6		45 (15-15-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,48
	VD16.7		46 (15-16-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,48
	VD16.8		50 (15-20-15)	0,74	0,10	0,42	0,48	0,62	2,49
VD17	VD17.1	PLANILUX / AR / PLANILUX	16 (4-6-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	3,31
	VD17.2		18 (4-8-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	3,11
	VD17.3		20 (4-10-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	2,97
	VD17.4		22 (4-12-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	2,87
	VD17.5		25 (4-15-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	2,77
	VD17.6		26 (4-16-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	2,75
	VD17.7		30 (4-20-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	2,77
	VD17.8	INVERSÃO DOS PAINÉIS	26 (6-16-4)	0,81	0,11	0,23	0,66	0,73	2,75
VD18	VD18.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANILUX	16 (4-6-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	3,09
	VD18.2		18 (4-8-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	2,92
	VD18.3		20 (4-10-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	2,80
	VD18.4		22 (4-12-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,72
	VD18.5		25 (4-15-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,65
	Para o melhor valor de U com 100% argon o valor é de					2,62			
	VD18.6		26 (4-16-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,65
	VD18.7		30 (4-20-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,66
	VD18.8	INVERSÃO DOS PAINÉIS	25 (6-15-4)	0,81	0,11	0,23	0,66	0,73	2,65
	VD18.9		Para o melhor valor de U com 100% argon o valor é de					2,62	
VD19	VD18.10								
	VD19.1	SAINT-GOBAIN - SGG PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	16 (4-6-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,74	2,83
	VD19.2		18 (4-8-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,70
	VD19.3		20 (4-10-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,63
	Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					2,56			
	VD19.4		22 (4-12-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,64
	VD19.5		25 (4-15-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,65
	VD19.6		26 (4-16-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,65
	VD19.7		30 (4-20-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,67
	VD19.8	INVERSÃO DOS PAINÉIS	25 (6-10-4)	0,81	0,11	0,23	0,66	0,73	2,63
VD19.9	Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					2,56			
VD20	VD19.10								
	VD20.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	16 (4-6-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,71
VD20.2	18 (4-8-6)		0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,60	

Tabela 20: Resultados para o vidro duplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
	VD20.3		20 (4-10-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,59
	VD20.4			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					2,45
	VD20.5		22 (4-12-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,59
	VD20.6		25 (4-15-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,60
	VD20.7		26 (4-16-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,61
	VD20.8		30 (4-20-6)	0,81	0,12	0,22	0,66	0,75	2,62
	VD20.9	INVERSÃO DOS PAINÉIS	25 (6-10-4)	0,81	0,11	0,23	0,66	0,73	2,59
	VD20.10			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					2,45
VD21	VD21.1	SGG PLANILUX / AR / PLANILUX	22 (6-6-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,70	3,24
	VD21.2		24 (6-8-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,70	3,05
	VD21.3		26 (6-10-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,70	2,92
	VD21.4		28 (6-12-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,70	2,83
	VD21.5		31 (6-15-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,72
	VD21.6		32 (6-16-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,71
	VD21.7		36 (6-20-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,72
	VD21.8	INVERSÃO DOS PAINÉIS	32 (10-16-6)	0,79	0,11	0,29	0,60	0,69	2,71
VD22	VD22.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANILUX	22 (6-6-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,70	3,03
	VD22.2		24 (6-8-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,87
	VD22.3		26 (6-10-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,76
	VD22.4		28 (6-12-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,68
	VD22.5		31 (6-15-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,61
	VD22.6			Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de					2,58
	VD22.7		32 (6-16-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,61
	VD22.8	36 (6-20-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,62	
	VD22.9	INVERSÃO DOS PAINÉIS	31 (10-15-6)	0,79	0,11	0,29	0,60	0,69	2,61
	VD22.10			Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de					2,58
VD23	VD23.1	PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	22 (6-6-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,70	2,78
	VD23.2		24 (6-8-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,66
	VD23.3		26 (6-10-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,59
	VD23.4			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					2,52
	VD23.5		28 (6-12-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,60
	VD23.6		31 (6-15-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,61
	VD23.7		32 (6-16-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,61
	VD23.8		36 (6-20-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,62
	VD23.9	INVERSÃO DOS PAINÉIS	31 (10-15-6)	0,79	0,11	0,29	0,60	0,69	2,59
	VD23.10			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					2,52
VD24	VD24.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	22 (6-6-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,67
	VD24.2		24 (6-8-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,56
	VD24.3		26 (6-10-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,55
	VD24.4			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					2,41
	VD24.5		28 (6-12-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,55
	VD24.6		31 (6-15-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,56
	VD24.7		32 (6-16-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,57
	VD24.8		36 (6-20-10)	0,79	0,11	0,28	0,60	0,71	2,58
	VD24.9	INVERSÃO DOS PAINÉIS	31 (10-15-6)	0,79	0,11	0,29	0,60	0,7	2,55
	VD24.10			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					2,41
VD25	VD25.1	PLANILUX / AR / PLANILUX THERM ULTRA N	14 (4-6-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	2,48
	VD25.2		16 (4-8-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	2,10
	VD25.3		18 (4-10-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	1,83
	VD25.4		20 (4-12-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	1,63

Tabela 20: Resultados para o vidro duplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
	VD25.5		23 (4-15-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	1,40
	VD25.6		24 (4-16-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,37
	VD25.7		28 (4-20-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,40
VD26	VD26.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	14 (4-6-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	2,06
	VD26.2		16 (4-8-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	1,72
	VD26.3		18 (4-10-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	1,48
	VD26.4		18 (4-12-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,31
	VD26.5		23 (4-15-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,14
	VD26.6		Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de						1,08
	VD26.7		24 (4-16-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,15
	VD26.8		28 (4-20-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,17
VD27	VD27.1	PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	14 (4-6-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	1,53
	VD27.2		16 (4-8-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,26
	VD27.3		18 (4-10-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,10
	VD27.4			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					
	VD27.5		20 (4-12-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,12
	VD27.6		23 (4-15-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,14
	VD27.7		24 (4-16-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,15
	VD27.8		28 (4-20-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,18
VD28	VD28.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	14 (4-6-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,61	1,27
	VD28.2		16 (4-8-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,04
	VD28.3		18 (4-10-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,00
	VD28.4			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					
	VD28.5		20 (4-12-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,02
	VD28.6		23 (4-15-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,04
	VD28.7		24 (4-16-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,05
	VD28.8		28 (4-20-4)	0,80	0,25	0,22	0,52	0,62	1,07
VD29	VD29.1	PLANILUX / AR / PLANI-THERM ULTRA N	18 (6-6-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,58	2,46
	VD29.2		20 (6-8-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	2,08
	VD29.3		22 (6-10-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,82
	VD29.4		24 (6-12-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,62
	VD29.5		27 (6-15-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,39
	VD29.6		28 (6-16-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,36
	VD29.7		32 (6-20-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,39
VD30	VD30.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	18 (6-6-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	2,04
	VD30.2		20 (6-8-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,70
	VD30.3		22 (6-10-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,47
	VD30.4		24 (6-12-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,30
	VD30.5		27 (6-15-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,13
	VD30.6			Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de					
	VD30.7		28 (6-16-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,14
	VD30.8		32 (6-20-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,17
VD31	VD31.1	PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	18 (6-6-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,52
	VD31.2		20 (6-8-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,25
	VD31.3		22 (6-10-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,09
	VD31.4			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					
	VD31.5		24 (6-12-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,11
	VD31.6		27 (6-15-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,14
	VD31.7		28 (6-16-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,15
	VD31.8		32 (6-20-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,17

Tabela 20: Resultados para o vidro duplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m²·K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
VD32	VD32.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	18 (6-6-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,26
	VD32.2		20 (6-8-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,59	1,04
	VD32.3		22 (6-10-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,60	0,99
	VD32.4			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					0,67
	VD32.5		24 (6-12-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,60	1,01
	VD32.6		27 (6-15-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,60	1,03
	VD32.7		28 (6-16-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,60	1,04
	VD32.8		32 (6-20-6)	0,78	0,23	0,29	0,48	0,60	1,06
VD33	VD33.1	PLANILUX / AR / PLANI-THERM ULTRA N	36 (10-16-10)	0,77	0,22	0,33	0,45	0,57	1,35
VD34	VD34.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	35 (10-15-10)	0,77	0,22	0,33	0,45	0,57	1,12
	VD34.2			Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de					1,07
VD35	VD35.1	PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	30 (10-10-10)	0,77	0,22	0,33	0,45	0,57	1,08
	VD35.2			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					0,93
VD36	VD36.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	30 (10-10-10)	0,77	0,22	0,33	0,45	0,57	0,99
	VD36.2			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					0,67
VD33	VD33.1	PLANILUX / AR / PLANI-THERM ULTRA N	46 (15-16-15)	0,74	0,09	0,59	0,32	0,61	1,33
VD34	VD34.1	SGG PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	45 (15-15-15)	0,74	0,09	0,59	0,32	0,62	1,11
	VD34.2			Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de					1,06
VD35	VD35.1	PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	40 (15-10-15)	0,74	0,09	0,59	0,32	0,62	1,07
	VD35.2			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					0,92
VD36	VD36.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	40 (15-10-15)	0,74	0,09	0,59	0,32	0,63	0,98
	VD36.2			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					0,64

Tabela 20: Resultados para o vidro duplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	W/(m².K)
VD37	VD37.1	PLANISTAR / AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,44	2,48
	VD37.2		16 (4-8-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	2,10
	VD37.3		18 (4-10-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,83
	VD37.4		20 (4-12-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,63
	VD37.5		23 (4-15-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,40
	VD37.6		24 (4-16-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,37
	VD37.7		28 (4-20-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,40
VD38	VD38.1	PLANISTAR / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	2,06
	VD38.2		16 (4-8-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,72
	VD38.3		18 (4-10-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,48
	VD38.4		20 (4-12-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,31
	VD38.5		23 (4-15-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,15
	VD38.6		24 (4-16-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,14
	Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de						1,09		
	VD38.8		28 (4-20-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,17
VD39	VD39.1	PLANISTAR / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,53
	VD39.2		16 (4-8-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,26
	VD39.3		18 (4-10-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,10
	Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de						0,94		
	VD39.4		20 (4-12-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,12
	VD39.6		23 (4-15-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,14
	VD39.7		24 (4-16-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,15
	VD39.8		28 (4-20-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,18
VD40	VD40.1	PLANISTAR / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,27
	VD40.2		16 (4-8-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,04
	VD40.3		18 (4-10-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,00
	Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de						0,67		
	VD40.4		20 (4-12-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,02
	VD40.6		23 (4-15-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,04
	VD40.7		24 (4-16-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,05
	VD40.8		28 (4-20-4)	0,71	0,31	0,31	0,38	0,43	1,07
VD41	VD41.1	PLANISTAR / AR / PLANILUX	18 (6-6-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,43	2,46
	VD41.2		20 (6-8-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	2,08
	VD41.3		22 (6-10-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,82
	VD41.4		24 (6-12-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,62
	VD41.5		27 (6-15-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,39
	VD41.6		28 (6-16-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,36
	VD41.7		32 (6-20-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,39
VD42	VD42.1	PLANISTAR / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX	18 (6-6-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	2,04
	VD42.2		20 (6-8-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,70
	VD42.3		22 (6-10-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,47
	VD42.4		24 (6-12-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,30
	VD42.5		27 (6-15-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,13
	Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de						1,08		
	VD42.7		28 (6-16-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,14
	VD42.8		32 (6-20-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,17
VD43	VD43.1	PLANISTAR / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	18 (6-6-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,52
	VD43.2		20 (6-8-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,25
	VD43.3		22 (6-10-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,09
	Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de						0,93		
	VD43.5		24 (6-12-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,43	1,11
	VD43.6		27 (6-15-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,14

Tabela 20: Resultados para o vidro duplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº	TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ		ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
			TRANSMISSÃO		REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
	VD43.7		28 (6-16-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,15
	VD43.8		32 (6-20-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,17
VD44	VD44.1	PLANISTAR / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	18 (6-6-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,26
	VD44.2		20 (6-8-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,04
	VD44.3		22 (6-10-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	0,99
	VD44.4			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					0,67
	VD44.5		24 (6-12-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,01
	VD44.6		27 (6-15-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,03
	VD44.7		28 (6-16-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,04
	VD44.8		32 (6-20-6)	0,70	0,27	0,38	0,35	0,42	1,06
VD45	VD45.1	PLANISTAR / AR / PLANILUX	36 (10-16-10)	0,68	0,25	0,42	0,33	0,41	1,35
VD46	VD46.1	PLANISTAR / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX	35 (10-15-10)	0,68	0,25	0,42	0,33	0,41	1,12
	VD46.2			Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de					1,07
VD47	VD47.1	PLANISTAR / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	30 (10-10-10)	0,68	0,25	0,42	0,33	0,41	1,08
	VD47.2			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					0,93
VD48	VD48.1	PLANISTAR / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	30 (10-10-10)	0,68	0,25	0,42	0,33	0,41	0,99
	VD48.2			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					0,67
VD49	VD49.1	PLANISTAR / AR / PLANILUX	46 (15-16-15)	0,61	0,06	0,75	0,19	0,29	1,33
VD50	VD50.1	PLANISTAR / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX	45 (15-15-15)	0,61	0,06	0,75	0,19	0,29	1,11
	VD50.2			Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de					1,06
VD51	VD51.1	PLANISTAR / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANILUX	40 (15-10-15)	0,61	0,06	0,75	0,19	0,29	1,07
	VD51.2			Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de					0,92
VD52	VD52.1	PLANISTAR / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	40 (15-10-15)	0,61	0,06	0,75	0,19	0,28	0,98
	VD52.2			Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de					0,66
VD53	VD53.1	PARSOL BRONZE / AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,54	0,09	0,41	0,50	0,59	3,33
	VD53.2		18 (6-6-6)	0,44	0,07	0,54	0,39	0,50	3,29
	VD53.3		26 (10-6-10)	0,29	0,06	0,69	0,25	0,39	3,20
	VD53.4		36 (15-6-15)	0,17	0,05	0,81	0,14	0,29	3,10
VD54	VD54.1	PARSOL GREEN / AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,72	0,08	0,48	0,44	0,54	3,33
	VD54.2		18 (6-6-6)	0,65	0,06	0,60	0,34	0,46	3,29
	VD54.3		26 (10-6-10)	0,56	0,06	0,71	0,24	0,37	3,20
	VD54.4		36 (15-6-15)	0,45	0,05	0,82	0,12	0,28	3,10
VD55	VD55.1	PARSOL GREY / AR / PLANILUX	14 (4-6-4)	0,50	0,08	0,44	0,48	0,57	3,33
	VD55.2		18 (6-6-6)	0,38	0,06	0,57	0,36	0,48	3,29

Tabela 20: Resultados para o vidro duplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
	VD55.3		26 (10-6-10)	0,24	0,06	0,72	0,22	0,36	3,20
	VD55.4		36 (15-6-15)	0,12	0,05	0,84	0,11	0,26	3,10
VD56	VD56.1	DIAMANT / AR / PLANI- LUX	14 (4-6-4)	0,82	0,14	0,11	0,75	0,80	3,33
	VD56.2		18 (6-6-6)	0,82	0,14	0,16	0,71	0,78	3,29
	VD56.3		26 (10-6-10)	0,80	0,13	0,20	0,66	0,76	3,20
	VD56.4		36 (15-6-15)	0,78	0,13	0,28	0,59	0,71	3,10
VD57	VD57.1	PLANISTAR / AR / PLA- NITHERM ULTRA N	14 (4-6-4)	0,70	0,36	0,34	0,30	0,37	2,45
VD58	VD58.1	PLANISTAR / 85% ARGON E 15% AR / PLANI- THERM ULTRA N	14 (4-6-4)	0,70	0,36	0,34	0,30	0,37	2,02
VD59	VD59.1	PLANISTAR / 85% CRÍP- TON E 15% AR / PLANI- THERM ULTRA N	14 (4-6-4)	0,70	0,36	0,34	0,30	0,37	1,48
VD60	VD60.1	PLANISTAR / 85% XÉNON E 15% AR / PLANI- THERM ULTRA N	14 (4-6-4)	0,70	0,36	0,34	0,30	0,37	1,22

Relativamente aos valores para o vidro duplo laminado são apresentados na tabela seguinte. As opções analisadas procuram obter dados relativamente à inclusão na unidade de vidro duplo de um vidro laminado, alterando a sua posição entre interior e exterior.

Tabela 21: Resultados para o vidro duplo laminado - fornecedor Saint-Gobain.

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
VDL1	VDL1.1	PLANILUX / AR / STADIP	18 (6-6-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,69	3,29
	VDL1.2		20 (6-8-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	3,09
	VDL1.3		22 (6-10-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,96
	VDL1.4		24 (6-12-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,86
	VDL1.5		27 (6-15-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,75
	VDL1.6		28 (6-16-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,74
	VDL1.7		32 (6-20-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,75
VDL2	VDL2.1	PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / STADIP	18 (6-6-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	3,07
	VDL2.2		20 (6-8-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,09
	VDL2.3		22 (6-10-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,79
	VDL2.4		24 (6-12-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,71
	VDL2.5		27 (6-15-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,64
	VDL2.6			Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de					2.61

Tabela 21: Resultados para o vidro duplo laminado - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
	VDL2.7		28 (6-16-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,64
	VDL2.8		32 (6-20-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,65
VDL3	VDL3.1	PLANILUX / 85% CRÍP- TON E 15% AR / STADIP	18 (6-6-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,81
	VDL3.2		20 (6-8-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,69
	VDL3.3		22 (6-10-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,62
	VDL3.4		Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de						2,55
	VDL3.5		24 (6-12-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,63
	VDL3.6		27 (6-15-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,64
	VDL3.7		28 (6-16-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,64
	VDL3.8		32 (6-20-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59	0,70	2,65
	VDL4		VDL4.1	PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / STADIP	18 (6-6-33.1)	0,79	0,11	0,30	0,59
VDL4.2		20 (6-8-33.1)	0,79		0,11	0,30	0,59	0,70	2,59
VDL4.3		22 (6-10-33.1)	0,79		0,11	0,30	0,59	0,70	2,57
VDL4.4		Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de						2,44	
VDL4.5		24 (6-12-33.1)	0,79		0,11	0,30	0,59	0,70	2,58
VDL4.6		27 (6-15-33.1)	0,79		0,11	0,30	0,59	0,70	2,59
VDL4.7		28 (6-16-33.1)	0,79		0,11	0,30	0,59	0,70	2,59
VDL4.8		32 (6-20-33.1)	0,79		0,11	0,30	0,59	0,70	2,60
VDL5		VDL5.1	PLANISTAR / AR / STA- DIP		18 (6-6-33.1)	0,69	0,27	0,40	0,33
	VDL5.2	20 (6-8-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,42	2,08
	VDL5.3	22 (6-10-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,42	1,82
	VDL5.4	24 (6-12-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,42	1,62
	VDL5.5	27 (6-15-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,42	1,39
	VDL5.6	28 (6-16-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,42	1,36
	VDL5.7	32 (6-20-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,42	1,39
	VDL6	VDL6.1		PLANISTAR / 85% ÁRGON E 15% AR / STADIP	18 (6-6-33.1)	0,69	0,27	0,40	0,33
VDL6.2		20 (6-8-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,42	1,70
VDL6.3		22 (6-10-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,42	1,47
VDL6.4		24 (6-12-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,42	1,30
VDL6.5		27 (6-15-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,42	1,13
VDL6.6		Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de						1,08	
VDL6.7		28 (6-16-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,41	1,14
VDL6.8		32 (6-20-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,41	1,17
VDL7		VDL7.1	PLANISTAR / 85% CRÍP- TON E 15% AR / STADIP		18 (6-6-33.1)	0,69	0,27	0,40	0,33
	VDL7.2	20 (6-8-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,42	1,25
	VDL7.3	22 (6-10-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,42	1,09
	VDL7.4	Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de						0,93	
	VDL7.5	24 (6-12-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,41	1,11
	VDL7.6	27 (6-15-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,41	1,14
	VDL7.7	28 (6-16-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,41	1,15
	VDL7.8	32 (6-20-33.1)		0,69	0,27	0,40	0,33	0,41	1,17
	VDL8	VDL8.1		PLANISTAR / 85% XÉNON E 15% AR / STADIP	18 (6-6-33.1)	0,69	0,27	0,40	0,33
VDL8.2		20 (6-8-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,41	1,04
VDL8.3		22 (6-10-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,41	0,99
VDL8.4		Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de						0,67	
VDL8.5		24 (6-12-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,41	1,01
VDL8.6		27 (6-15-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,41	1,03
VDL8.7		28 (6-16-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,41	1,04
VDL8.8		32 (6-20-33.1)	0,69		0,27	0,40	0,33	0,41	1,06
VDL9		VDL9.1	STADIP / AR / PLANI- THERM ULTRA N		18 (33.1-6-6)	0,77	0,21	0,34	0,45
	VDL9.2	20 (33.1-8-6)		0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	2,08
	VDL9.3	22 (33.1-10-6)		0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,82

Tabela 21: Resultados para o vidro duplo laminado - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
	VDL9.4		24 (33.1-12-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,62
	VDL9.5		27 (33.1-15-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,39
	VDL9.6		28 (33.1-16-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,36
	VDL9.7		32 (33.1-20-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,39
VDL10	VDL10.1	STADIP / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	18 (33.1-6-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	2,04
	VDL10.2		20 (33.1-8-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,70
	VDL10.3		22 (33.1-10-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,47
	VDL10.4		24 (33.1-12-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,30
	VDL10.5		27 (33.1-15-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,13
	VDL10.6		Para o melhor valor de U com 100% árgon o valor é de						1,08
	VDL10.7		28 (33.1-16-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,14
	VDL10.8		32 (33.1-20-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,17
VDL11	VDL11.1	STADIP / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	18 (33.1-6-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,52
	VDL11.2		20 (33.1-8-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,25
	VDL11.3		22 (33.1-10-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,09
	VDL11.4		Para o melhor valor de U com 100% cripton o valor é de						0,93
	VDL11.5		24 (33.1-12-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,11
	VDL11.6		27 (33.1-15-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,14
	VDL11.7		28 (33.1-16-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,15
	VDL11.8		32 (33.1-20-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,17
VDL12	VDL12.1	STADIP / 85% XÉNON E 15% AR / PLANI-THERM ULTRA N	18 (33.1-6-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,26
	VDL12.2		20 (33.1-8-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,04
	VDL12.3		22 (33.1-10-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	0,99
	VDL12.4		Para o melhor valor de U com 100% xénon o valor é de						0,67
	VDL12.5		24 (33.1-12-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,01
	VDL12.6		27 (33.1-15-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,03
	VDL12.7		28 (33.1-16-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,04
	VDL12.8		32 (33.1-20-6)	0,77	0,21	0,34	0,45	0,56	1,06

B.3 RESULTADOS – VIDRO TRIPLO (VT)

Os vidros triplos apresentados na tabela seguinte, têm por base algumas das variações efectuadas para o vidro duplo, de forma a, mais facilmente comparar o comportamento de um vidro duplo com o de um vidro triplo e analisar qual a melhor opção.

Tabela 22: Resultados para o vidro triplo - fornecedor Saint-Gobain.

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
VT1	VT1.1	PLANILUX / AR / PLANILUX / AR / PLANILUX	24 (4-6-4-6-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,67	2,31
	VT1.2		28 (4-8-4-8-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	2,12
	VT1.3		32 (4-10-4-10-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,99
	VT1.4		36 (4-12-4-12-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,90
	VT1.5		42 (4-15-4-15-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,81
	VT1.6		44 (4-16-4-16-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,78
	VT1.7		52 (4-20-4-20-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,71

Tabela 22: Resultados para o vidro triplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
VT2	VT2.1	SGG PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANILUX	24 (4-6-4-6-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	2,09
	VT2.2		28 (4-8-4-8-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,94
	VT2.3		32 (4-10-4-10-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,84
	VT2.4		36 (4-12-4-12-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,77
	VT2.5		42 (4-15-4-15-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,70
	VT2.6		44 (4-16-4-16-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,68
	VT2.7		52 (4-20-4-20-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,66
VT3	VT3.1	SGG PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI- LUX / 85% CRÍP- TON E 15% AR / PLANILUX	24 (4-6-4-6-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,86
	VT3.2		28 (4-8-4-8-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,75
	VT3.3		32 (4-10-4-10-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,68
	VT3.4		36 (4-12-4-12-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,64
	VT3.5		42 (4-15-4-15-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,65
	VT3.6		44 (4-16-4-16-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,65
	VT3.7		52 (4-20-4-20-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,66
VT4	VT4.1	SGG PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	24 (4-6-4-6-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,76
	VT4.2		28 (4-8-4-8-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,67
	VT4.3		32 (4-10-4-10-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,62
	VT4.4		36 (4-12-4-12-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,61
	VT4.5		42 (4-15-4-15-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,62
	VT4.6		44 (4-16-4-16-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,62
	VT4.7		52 (4-20-4-20-4)	0,74	0,15	0,27	0,58	0,68	1,63
VT5	VT5.1	SGG PLANILUX / AR / PLANITHERM ULTRA N / AR / PLANITHERM ULTRA N	24 (4-6-4-6-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,46	1,58
	VT5.2		28 (4-8-4-8-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	1,29
	VT5.3		32 (4-10-4-10-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	1,09
	VT5.4		36 (4-12-4-12-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,95
	VT5.5		42 (4-15-4-15-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,80
	VT5.6		44 (4-16-4-16-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,76
	VT5.7		52 (4-20-4-20-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,64
VT6	VT6.1	SGG PLANILUX / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANITHERM ULTRA N / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANITHERM ULTRA N	24 (4-6-4-6-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	1,25
	VT6.2		28 (4-8-4-8-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	1,01
	VT6.3		32 (4-10-4-10-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,85
	VT6.4		36 (4-12-4-12-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,74
	VT6.5		42 (4-15-4-15-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,62
	VT6.6		44 (4-16-4-16-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,59
	VT6.7		52 (4-20-4-20-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,52
VT7	VT7.1	SGG PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI- THERM ULTRA N / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI- THERM ULTRA N	24 (4-6-4-6-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,89
	VT7.2		28 (4-8-4-8-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,71
	VT7.3		32 (4-10-4-10-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,60
	VT7.4		36 (4-12-4-12-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,52
	VT7.5		42 (4-15-4-15-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,48	0,51
	VT7.6		44 (4-16-4-16-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,48	0,51
	VT7.7		52 (4-20-4-20-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,48	0,53
VT8	VT8.1	SGG PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANITHERM ULTRA N / 85% XÉNON E 15% AR / PLANITHERM ULTRA N	24 (4-6-4-6-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,72
	VT8.2		28 (4-8-4-8-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,58
	VT8.3		32 (4-10-4-10-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,47	0,49
	VT8.4		36 (4-12-4-12-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,48	0,45
	VT8.5		42 (4-15-4-15-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,48	0,46
	VT8.6		44 (4-16-4-16-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,48	0,47
	VT8.7		52 (4-20-4-20-4)	0,70	0,33	0,33	0,35	0,48	0,48
VT9	VT9.1	SGG PLANISTAR / AR / PLANISTAR / AR / PLANILUX	24 (4-6-4-6-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	1,58
	VT9.2		28 (4-8-4-8-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	1,29
	VT9.3		32 (4-10-4-10-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	1,09

Tabela 22: Resultados para o vidro triplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
	VT9.4		36 (4-12-4-12-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,95
	VT9.5		42 (4-15-4-15-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,80
	VT9.6		44 (4-16-4-16-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,76
	VT9.7		52 (4-20-4-20-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,64
VT10	VT10.1	SGG PLANISTAR / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANISTAR / 85% ÁRGON E 15% AR / PLANILUX	24 (4-6-4-6-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	1,25
	VT10.2		28 (4-8-4-8-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	1,01
	VT10.3		32 (4-10-4-10-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,85
	VT10.4		36 (4-12-4-12-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,74
	VT10.5		42 (4-15-4-15-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,62
	VT10.6		44 (4-16-4-16-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,59
	VT10.7		52 (4-20-4-20-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,52
VT11	VT11.1	SGG PLANISTAR / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANIS- TAR / 85% CRÍP- TON E 15% AR / PLANILUX	24 (4-6-4-6-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,89
	VT11.2		28 (4-8-4-8-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,71
	VT11.3		32 (4-10-4-10-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,60
	VT11.4		36 (4-12-4-12-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,52
	VT11.5		42 (4-15-4-15-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,51
	VT11.6		44 (4-16-4-16-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,51
	VT11.7		52 (4-20-4-20-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,53
VT12	VT12.1	SGG PLANISTAR / 85% XÉNON E 15% AR / PLANISTAR / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	24 (4-6-4-6-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,72
	VT12.2		28 (4-8-4-8-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,58
	VT12.3		32 (4-10-4-10-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,28	0,49
	VT12.4		36 (4-12-4-12-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,45
	VT12.5		42 (4-15-4-15-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,46
	VT12.6		44 (4-16-4-16-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,47
	VT12.7		52 (4-20-4-20-4)	0,57	0,37	0,44	0,19	0,29	0,48
VT13	VT13.1	SGG PLANILUX / AR / PLANILUX / AR / PLANILUX	30 (6-6-6-6-6)	0,72	0,14	0,36	0,50	0,62	2,28
VT14	VT14.1	SGG PLANILUX / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX	30 (6-6-6-6-6)	0,72	0,14	0,36	0,50	0,63	2,07
VT15	VT15.1	SGG PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI- LUX / 85% CRÍP- TON E 15% AR / PLANILUX	30 (6-6-6-6-6)	0,72	0,14	0,36	0,50	0,63	1,84
VT16	VT16.1	SGG PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	30 (6-6-6-6-6)	0,72	0,14	0,36	0,50	0,63	1,74
VT17	VT17.1	SGG PLANILUX / AR / PLANILUX / AR / PLANILUX	42 (10-6-10-6-10)	0,69	0,13	0,42	0,44	0,59	2,22
VT18	VT18.1	SGG PLANILUX / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX	43 (10-6-10-6-10)	0,69	0,13	0,42	0,44	0,59	2,02
VT19	VT19.1	SGG PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI- LUX / 85% CRÍP- TON E 15% AR / PLANILUX	44 (10-6-10-6-10)	0,69	0,13	0,42	0,44	0,59	1,80

Tabela 22: Resultados para o vidro triplo - fornecedor Saint-Gobain (continuação).

Nº		TIPO DE VIDRO	ESPESSURA (mm)	LUZ	ENERGIA SOLAR				VALOR U W/(m².K)
				TRANSMISSÃO	REFLEXÃO	ABSORÇÃO	TRANSMISSÃO	g	
VT20	VT20.1	SGG PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	45 (10-6-10-6-10)	0,69	0,13	0,42	0,44	0,59	1,70
VT21	VT21.1	SGG PLANILUX / AR / PLANILUX / AR / PLANILUX	57 (15-6-15-6-15)	0,65	0,12	0,55	0,33	0,51	2,14
VT22	VT22.1	SGG PLANILUX / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX / 85% ARGON E 15% AR / PLANILUX	57 (15-6-15-6-15)	0,65	0,12	0,55	0,33	0,51	1,96
VT23	VT23.1	SGG PLANILUX / 85% CRÍPTON E 15% AR / PLANI- LUX / 85% CRÍP- TON E 15% AR / PLANILUX	57 (15-6-15-6-15)	0,65	0,12	0,55	0,33	0,51	1,75
VT24	VT24.1	SGG PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX / 85% XÉNON E 15% AR / PLANILUX	57 (15-6-15-6-15)	0,65	0,12	0,55	0,33	0,51	1,66

C. BIBLIOGRAFIA NORMATIVA

Como a acta de projectar e a respectiva especificação dos materiais é, actualmente, indissociável da legislação, neste ponto em anexo é apresentada a última versão das normas em vigor para o vidro na construção.

Tabela 23: Legenda do critério de selecção por temas através de cores³⁰ e das iniciais da Tabela 24.

	Vidros duplos – Vidros com capa - Acústica
	Vidros de segurança – Vidros resistentes ao fogo – Vidros temperados, laminados, heat-soak test, vidros termo-endurecidos – Ensaio de resistência ao impacto
	Normas de cálculo para propriedades luminosas, solares, térmicas, ...
	Normas para vidros de base (vidros float, vidros impressos...)
	Produtos de base especiais
	Montagem – Montagem de VEC
NP	Norma Portuguesa
EN	Norma europeia
EOTA	Organização Europeia para o licenciamento técnico. ETAG n° 002 - Guia de recomendações técnicas europeias – Sistemas de vidros exteriores colados (VEC)

Tabela 24: Normas harmonizadas em vigor, por ordem crescente com base no número de referencia.³¹

	NP EN ISO 140-5:2009 (Ed. 2)	Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção.	Parte 5: Medição in situ do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e de elementos de fachada (ISO 140-5:1998).
	EN 356:1999 (Ed. 1)	Glass in building. Security glazing.	Testing and classification of resistance against manual attack (ensaio e classificação da resistência ao ataque manual).
	EN 357:2004 (Ed. 2)	Glass in building. Fire resistant glazed elements with transparent or translucent glass products.	Classification of fire resistance (classificação da resistência ao fogo).
	EN 410:2011 (Ed. 2)	Glass in building. Determination of luminous and solar characteristics of glazing.	
	EN 572:2004 (Ed. 2)	Glass in building. Basic soda lime silicate glass products.	Part 1: Definitions and general physical and mechanical properties.
			Part 2: Float glass (vidro comum).
			Part 3: Polished wire glass (vidro aramado polido).
			Part 4: Drawn sheet glass (vidro estirado).
			Part 5: Patterned glass (vidro impresso).
			Part 6: Wired patterned glass (vidro impresso aramado).
			Part 7: Wired or unwired channel shaped glass (vidro impresso aramado ou não aramado).
			Part 8: Supplied and final cut sizes (dimensões livres e dimensões de medida fixa).

³⁰ SAINT-GOBAIN Glass Portugal (2008) - *Manual do Vidro*, pág. 483.

³¹ Catálogo IPQ (Instituto Português da Qualidade) - http://www.ipq.pt/backhtmlfiles/ipq_mei.htm

NP EN 572-9:2010 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro silico-sodo-cálcico de base.	Parte 9: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
EN 673:2011 (Ed. 2)	Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value).	Calculation method.
NP EN 674:2000 (Ed. 1)	Vidro na construção. Determinação do coeficiente de transmissão térmica, U.	Método da placa quente protegida.
NP EN 675:2000 (Ed. 1)	Vidro na construção. Determinação do coeficiente de transmissão térmica, U.	Método do fluxímetro.
NP EN ISO 717-1:2009 (Ed. 1)	Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção.	Parte 1: Isolamento sonoro a sons de condução aérea (ISO 717-1:1996 + A1:2006).
NP EN ISO 717-2:2009 (Ed. 1)		Parte 2: Isolamento sonoro a sons de percussão (ISO 717-2:1996 + A1:2006).
NP EN 1096-1:2000 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro revestido.	Parte 1: Definições e classificação.
EN 1096:2001 (Ed. 1)	Glass in building. Coated glass.	Part 2: Requirements and test methods for class A, B and S coatings.
		Part 3: Requirements and test methods for class C and D coatings.
NP EN 1096-4:2010 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro revestido.	Parte 4: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
NP EN 1279-1:2006 (Ed. 1)	Vidro na construção. Envidraçados isolantes prefabricados selados.	Parte 1: Generalidades, tolerâncias dimensionais e regras para descrição do sistema.
NP EN 1279-2:2004 (Ed. 1)		Parte 2: Método de ensaio de longa duração e requisitos relativos à penetração da humidade.
NP EN 1279-3:2004 (Ed. 1)		Parte 3: Método de ensaio de longa duração e requisitos relativos à taxa de fuga de gás e às tolerâncias de concentração do gás.
NP EN 1279-4:2006 (Ed. 1)		Parte 4: Métodos de ensaio das propriedades físicas dos produtos de selagem.
NP EN 1279-5:2005 + A1:2010 (Ed. 2)		Parte 5 : Avaliação da conformidade.
NP EN 1279-6:2006 (Ed. 1)		Parte 6: Controlo da produção da fábrica e ensaios periódicos.
EN 1279-5:2005 + A2:2010 (Ed. 1)	Glass in building. Insulating glass units.	Part 5: Evaluation of conformity.
NP EN 1288:2007 (Ed. 1)	Vidro na construção. Determinação da resistência do vidro à flexão.	Parte 1: Princípios fundamentais dos ensaios do vidro.
		Parte 2: Ensaio de duplo anel coaxial em provetes planos com grandes superfícies de ensaio.
		Parte 3: Ensaio com provetes apoiados em dois pontos (flexão em quatro pontos).
		Parte 4: Ensaios de vidro perfilado em canal.
		Parte 5: Ensaios com anéis duplos concêntricos em provetes planos, com pequenas áreas de ensaio.

EN 1627:2011 (Ed. 1)	Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters. Burglar resistance.	Requirements and classification.
EN 1748-1- 2:2004 (Ed. 1)	Produtos de base especiais.	Vidro borossilicatado – Parte 1-2: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
NP EN 1748-1- 2:2010 (Ed. 1)	Vidro na construção. Produtos básicos especiais - Vidros borossilicatados.	Parte 1-2: Avaliação da conformidade /Norma de produto.
EN 1863-1:2000 (Ed. 1)	Glass in building. Heat strengthened soda lime silicate glass.	Part 1: Definition and description.
NP EN 1863- 2:2010 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro de silicato soda cálcico endurecido termicamente.	Parte 2: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
EN 12150- 1:2000 (Ed. 1)	Glass in building. Thermally toughened soda lime silicate safety glass.	Part 1: Definition and description.
NP EN 12150- 2:2010 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro de segurança silico-sodo-cálcico temperado termicamente.	Parte 2: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
EN 12337- 1:2000 (Ed. 1)	Glass in building. Chemically strengthened soda lime silicate glass.	Part 1: Definition and description.
NP EN 12337- 2:2010 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro de silicato soda cálcico endurecido quimicamente.	Parte 2: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
NP EN ISO 12543:2000 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro laminado e vidro laminado de segurança.	Parte 1: Definições e descrição dos componentes (ISO 12543-1:1998).
		Parte 2: Vidro laminado de segurança (ISO 12543-2:1998).
		Parte 3: Vidro laminado (ISO 12543-3:1998).
		Parte 4: Métodos de ensaio para a durabilidade (ISO 12543-4:1998).
EN ISO 12543:1998 (Ed. 1)	Glass in building. Laminated glass and laminated safety glass.	Part 5: Dimensions and edge finishing (ISO 12543-5:1998).
		Part 6: Appearance (ISO 12543-6:1998).
EN 12600:2002 (Ed. 1)	Glass in building. Pendulum test.	Impact test method and classification for flat glass.
EN 12758:2011 (Ed. 2)	Glass in building. Glazing and airborne sound insulation.	Product descriptions and determination of properties.
EN 12898:2001 (Ed. 1)	Glass in building. Determination of the emissivity.	
EN 13022:2006+A1 :2010 (Ed. 1)	Glass in building. Structural sealant glazing.	Part 1: Glass products for structural sealant glazing systems for supported and unsupported monolithic and multiple glazing.
		Part 2: Assembly rules.
EN 13024- 1:2002 (Ed. 1)	Glass in building. Thermally toughened borosilicate safety glass.	Part 1: Definition and description.
NP EN 13024- 2:2010 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro borossilicatado de segurança temperado termicamente.	Parte 2: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
EN 13363- 1:2003+ A1:2007 (Ed. 1)	Solar protection devices combined with glazing. Calculation of solar and light transmittance.	Part 1: Simplified method.

EN 13363-2:2005 (Ed. 1)	Solar protection devices combined with glazing. Calculation of total solar energy transmittance and light transmittance.	Part 2: Detailed calculation method.
EN 13541:2000 (Ed. 1)	Glass in building. Security glazing.	Testing and classification of resistance against explosion pressure.
NP EN 13830:2009 (Ed. 1)	Fachadas-cortina. Norma de produto.	
EN 14178-1:2004 (Ed. 1)	Glass in building. Basic alkaline earth silicate glass products.	Part 1: Float glass.
NP EN 14178-2:2010 (Ed. 1)	Vidro na construção. Produtos básicos de vidro de silicatos alcalino terroso.	Parte 2: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
NP EN 14179:2008 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro de segurança de silicato sodo cálcico temperado termicamente e tratado heat soak.	Parte 1: Definição e descrição. Parte 2: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
EN 14321-1:2005 (Ed. 1)	Glass in building. Thermally toughened alkaline earth silicate safety glass.	Part 1: Definition and description.
NP EN 14321-2:2008 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro de segurança de silicato alcalino terroso temperado termicamente.	Parte 2: Avaliação da conformidade/Norma de produto.
EN ISO 14438:2002 (Ed. 1)	Glass in building. Determination of energy balance value - Calculation method (ISO 14438:2002).	
NP EN 14449:2008 (Ed. 1)	Vidro na construção. Vidro laminado e vidro laminado de segurança.	Avaliação da conformidade/Norma de produto.
ETAG 002-1	Sistemas de vidro exterior colados	Parte 1: Sistemas apoiados e não apoiados
ETAG 002-2		Parte 2: Sistemas de alumínio lacado
ETAG 002-3		Parte 3: Sistemas incorporando perfis com corte térmico

D. SUPORTE TÉCNICO / GLOSSÁRIO

A definição de abreviaturas e as respectivas normas utilizadas são apresentadas na Tabela .

Tabela 25: Características para uma selecção do vidro.³²

	Abreviatura	Definição	Norma
Factores Luminosos	TL	Transmissão luminosa (%)	EN 410 ³³
	RL _{ext}	Reflexão luminosa exterior (%)	EN 410
	RL _{int}	Reflexão luminosa interior (%)	EN 410
	T _{UV}	Transmissão dos raios ultravioletas UV (%)	EN 410
Factores Energéticos	TE	Transmissão energética (%)	EN 410
	RE _{ext}	Transmissão energética exterior (%)	EN 410
	RE _{int}	Transmissão energética interior (%)	EN 410
	AE	Absorção energética (%)	EN 410
	AE ₁	Absorção energética do vidro exterior do vidro duplo (%)	EN 410
	AE ₂	Absorção energética do vidro exterior do vidro duplo (%)	EN 410
	g	Factor solar	EN 410
	SC	Coeficiente de sombreamento	EN 410
Índice de Atenuação Acústica ³⁵	U	Coeficiente de transmissão térmica [W/(m².K)]	EN 673 ³⁴
	R _w	Índice de atenuação acústica ponderada (dB)	NP EN ISO 717-1 ³⁶
	C	Termo de adaptação acústico para o ruído rosa (dB)	NP EN ISO 717-1
	C _{tr}	Termo de adaptação acústico para o ruído de tráfego (dB)	NP EN ISO 717-1
	R _A	Índice de atenuação acústica (ruído rosa) (dB)	NP EN ISO 717-1
	R _{A, tr}	Índice de atenuação acústica (ruído tráfego) (dB)	NP EN ISO 717-1

Em seguida é apresentado um glossário com a definição de alguma da terminologia adjacente à utilização do vidro na construção.

Tabela 26: Glossário.

Absorção energética A_t	Percentagem de energia absorvida pelo vidro que provoca o seu aquecimento. Esta grandeza permite determinar os riscos de rotura por choque térmico e avaliar a necessidade de temperar o vidro.
---------------------------	---

³² SAINT-GOBAIN Glass Portugal (2008) – Manual do Vidro, pág. 269.

³³ EN 410:2011 (Ed. 2) - Glass in building. Determination of luminous and solar characteristics of glazing.

³⁴ EN 673:2011 (Ed. 2) - Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value). Calculation method.

³⁵ Os valores de índice de atenuação acústica são valores medidos em laboratório, segundo a norma NP EN ISO 140-5:2009.

³⁶ NP EN ISO 717-1:2009 (Ed. 1) - Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1: Isolamento sonoro a sons de condução aérea (ISO 717-1:1996 + A1:2006).

APCER	Associação Portuguesa de Certificação
Baixa emissividade	Propriedade da superfície do vidro que permite a redução das trocas de radiação e desta forma melhorar o coeficiente U dos vidros duplos que integra que são assim considerados vidros duplos de baixa ou reduzida emissividade.
Balanço energético	Balanço das trocas térmicas (entradas e perdas) através de vidros ou janelas.
Barreira de estanquicidade do vidro isolante	Produto, geralmente à base de butilo, que assegura a estanquicidade à água ou gases no espaço compreendido entre os vidros do vidro isolante.
Barreira de selagem do vidro isolante	Produto, geralmente à base de polisulfureto, silicone, poliuretano ou butilo hot-melt, assegurando a integridade mecânica da junta periférica do vidro isolante.
Capa de pirólítica	Capa obtida por projecção sobre o vidro de compostos metálicos, a alta temperatura, durante o processo de fabrico “flutuado” (float glass).
Capa reflectante	Capa depositada sobre o vidro com uma significativa capacidade de reflectir raios visíveis e/ou das radiações de infra-vermelhos. Designação frequentemente utilizada para uma capa de controlo solar.
Capa sob vácuo	Capa depositada sobre o vidro através da projecção de metais ou compostos metálicos numa câmara de vácuo.
Características energéticas e luminosas	Conjunto dos valores de transmissão, de reflexão e de absorção das radiações solares pelas paredes em vidro.
Choque térmico	Diferença significativa de temperaturas, entre duas zonas próximas que, num vidro, pode provocar rotura que neste caso é normalmente designada rotura por choque térmico. A utilização de vidro temperado ou termo-endurecido reduz este risco.
Coeficiente de Sombreamento	Coeficiente utilizado nalguns países em substituição do factor solar. O coeficiente de Sombreamento obtém-se dividindo o factor solar g por 0,87. Para o vidro transparente com 3 mm de espessura é igual a 1.
Coeficiente U	O coeficiente U é o fluxo de calor que passa através de uma parede com uma superfície de 1 m ² , separando dois ambientes cujas temperaturas diferem de 1° Kelvin. É a característica determinante para a performance de isolamento térmico dos vidros duplos.
Corta-fogo	Produto que satisfaz os três critérios de resistência ao fogo REI: Resistência mecânica, Estanquicidade à chama e aos gases quentes ou inflamáveis, Isolamento térmico.
Daylighting	Termo inglês significando « luz natural » e utilizado para designar os sistemas que reorientam a luz por reflexão sobre superfícies reflectores e orientáveis. Este sistema integrado aos vidros permite uma melhor difusão da luz quando admitida pelas janelas sem encandear o observador.
Decibel (dB)	O decibel é uma unidade de medida da intensidade do ruído.
Desidratante	Produto geralmente do tipo “tamis molecular”, incorporado no intercaler do vidro duplo para assegurar a desidratação da câmara de ar ou do gás que o preenche.
Despolido	Técnica que permite modificar o aspecto brilhante do vidro para dar translucidez (foscado a ácido, foscado a areia).
DTU 39	(Documento Técnico Unificado N° 39 - Norma NF P 78-20) Documento que reúne as normas referentes a espelhos e vidros, identificação dos produtos colocados na obra e dimensionamento.
E, EI, EW	Símbolos que, associados a uma duração, definem uma classe de resistência ao fogo.

I	Critério de isolamento térmico durante um incêndio
E	Critério de estanquicidade às chamas e a gases quentes
W	Critério opcional de limitação do fluxo calorífico máximo
Elevado Rendimento	Diz-se que um vidro duplo é de Elevado Rendimento quando integra um vidro de baixa emissividade. Por vezes também se utiliza a designação de vidro duplo de Isolamento Térmico Reforçado.
Emissividade E	A emissividade é uma propriedade de superfície. Quando duas superfícies se encontram, uma em frente à outra, e a temperaturas diferentes, trocam calor por radiação, em função da emissividade. A emissividade normal do vidro clássico é igual a 0,89.
Espelhagem	- Operação que consiste na deposição de uma capa metálica reflectante sobre um vidro para obter um espelho.
Factor Solar (g)	Fracção da radiação solar incidente que entra num local e transmitida através do vidro (transmissão + (re)emissão energética do vidro para o local). É uma das características essenciais dos vidros com capa de controlo solar.
Fotocatálise	Propriedade de alguns materiais capazes de degradar compostos orgânicos na sua superfície sob acção de raios UV.
Fusão	Fusão de vidros de diferentes cores que permite obter efeitos decorativos em relevo.
Heat Soak Test (HST)	Designação inglesa - tratamento térmico complementar da têmpera, destinado a eliminar os vidros que apresentam risco de rotura espontânea e aleatória do vidro temperado termicamente.
Low-E	Designação inglesa para vidros com capa de baixa emissividade. Ver Baixa emissividade.
Magnetron	Processo de deposição de uma capa sobre o vidro. Ver capa sob vácuo.
Marcação CE	Desde a entrada em vigor da marcação europeia, qualquer produto em vidro utilizado em construção ou em edifícios e comercializado na União Europeia, tem de evidenciar marcação. Esta marcação pode vir colocada sobre o produto, sobre a sua embalagem ou sobre os documentos comerciais que o acompanham.
Pára-chamas	Produto que satisfaz os dois critérios de resistência ao fogo RE: Resistência mecânica, Estanquicidade às chamas e aos gases quentes ou inflamáveis.
Paramento	Parte opaca de uma fachada em vidro, geralmente sob uma janela, eventualmente entre duas janelas (fachada cortina). É frequente a utilização em paramentos de vidro esmaltado ou de vidro de controlo solar opaco.
Pirólise	Processo de deposição de uma capa numa linha de produção do vidro “flutuado”.
PVB (Polivinil Butiral)	Filme plástico que assegura a estabilidade e a montagem mecânica entre os vidros que compõem um vidro laminado.
PVB acústico (Polivinil Butiral)	Filme plástico, especialmente concebido para reforçar o isolamento acústico, que assegura a integridade mecânica do conjunto de componentes em vidro nos vidros laminados acústicos.
Reacção ao fogo	Classifica a facilidade com que os materiais se inflamam e alimentam um fogo (de A0 a A4).
Reflexão energética R_e	Percentagem da energia, com origem no conjunto das radiações solares, reflectida pelo vidro.
Reflexão luminosa R_l	Percentagem da luz visível, com origem na radiação solar, reflectida pelo vidro.

Ruído ao tráfego	Definição utilizada em acústica. Ruído que simula os ruídos emitidos pelo tráfego rodoviário (do tipo urbano). Este ruído é mais rico em sons graves que o ruído rosa.
Ruído rosa	Definição utilizada em acústica. Ruído que simula os ruídos emitidos dentro de um edifício. Também se utiliza para representar os ruídos emitidos por tráfego aéreo.
Serigrafia	Técnica de deposição, parcial ou completa, de esmaltes sobre o vidro.
Transmissão energética T_e	Percentagem do fluxo de energia solar transmitida directamente através do vidro.
Transmissão luminosa T_l	Percentagem do fluxo luminoso transmitido directamente através do vidro.
Transmissão UV	Percentagem do fluxo de raios UV (ultravioleta) transmitidos directamente através do vidro.
VEA	(Vidro Exterior Agrafado) Montagem de vidros por fixações pontuais fixas ou articuladas.
VEC	(Vidro Exterior Colado) Vidro montado por colagem periférica sobre um caixilho metálico.
Vidro auto-limpeza	Vidro revestido com uma capa fotocatalítica e hidrófila. A capa recorre à acção dupla dos raios UV e à água para decompor as sujidades orgânicas e eliminar as partículas minerais. O vidro mantém-se limpo durante mais tempo e também é mais fácil de limpar.
Vidro curvo	Vidro curvado a quente, num forno à temperatura de amolecimento.
Vidro esmaltado	Vidro em que uma das faces é total ou parcialmente esmaltada durante a operação de têmpera.
Vidro “flutuado”	Vidro transparente obtido pelo processo “float”.
Vidro fosco	A foscagem do vidro é conseguida polindo a superfície através da projecção de « areia » a alta pressão.
Vidro impresso	Vidro plano translúcido obtido por laminagem entre dois cilindros que lhe imprimem um motivo em relevo sobre uma ou mesmo as duas faces.
Vidro laminado	Composição de vários vidros recozidos, termo-endurecidos ou temperados solidarizados através de intercalares (geralmente em PVB).
Vidro recozido	Vidro “flutuado” (float glass) comum obtido à saída de uma linha de produção. No curso de fabricação, um arrefecimento lento e controlado (recozimento) liberta as tensões internas que possam existir no seio do vidro facilitando posteriores operações de corte e manufactura. Não é um vidro temperado nem termo-endurecido.
Vidro temperado termicamente	Vidro submetido a um tratamento térmico num forno de têmpera. Este processo aumenta consideravelmente a sua resistência mecânica e a sua resistência ao choque térmico. A sua fragmentação específica permite a este vidro considerá-lo como um produto de segurança em inúmeras aplicações.
Vidro termo-endurecido	- Vidro submetido a um tratamento térmico específico num forno de têmpera. Este tratamento aumenta a resistência mecânica e a resistência ao choque térmico. Contudo, não pode ser considerado como um produto de segurança.